

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
Кафедра теоретической и прикладной механики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Разработка привода гидравлической лебедки</b>

УДК 621.864-8-047.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Жигарев Дмитрий Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Г. Р.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антонова И. С.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Невский Е. С.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е. Н.	К.Т.Н.		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт природных ресурсов  
Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
Уровень образования бакалавриат  
Кафедра теоретической и прикладной механики  
Период выполнения весенний семестр 2017 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
11.04.2017	<i>Теоретическая часть работы</i>	50
26.04.2017	<i>Выполнение расчетной части работы</i>	40
17.05.2017	<i>Устранение недочетов в работе</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Зиякаев Г. Р.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПМ	Пашков Е. Н.	к.т.н.		

## Планируемые результаты обучения ООП

Код Резул ьтата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Общекультурные компетенции</b>		
Р1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8 , п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства.	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств,	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15),

	<p>систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.</p>	<p>согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>
P14	<p>Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>
P15	<p>Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.</p>	<p>Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i></p>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт приводных ресурсов  
Направление подготовки 15.03.02 «Технологически машины и оборудование»  
Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4ЕЗ1	Жигареву Дмитрию Александровичу

Тема работы:

<b>Разработка привода гидравлической лебедки</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	07.03.2017, № 2305/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Разработка привода гидравлической лебедки на основе одноступенчатого планетарного редуктора.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Аналитический обзор литературных источников с целью выявления современных методов решения поставленной задачи.</li><li>2. Расчет одноступенчатого планетарного редуктора и трехмерное моделирование.</li></ol>

	3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 4. Социальная ответственность. 5. Заключение по работе.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Сборочный чертеж планетарного редуктора, чертеж привода, презентация
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Антонова И. С., доцент, к.э.н.
Социальная ответственность	Невский Е. С., ассистент
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
-	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	06.02.2017
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТМП	Зиякаев Г. Р.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Жигарев Дмитрий Александрович		



## Реферат

Дипломная работа включает в себя: 96 страниц, 16 рисунков, 25 таблиц, 17 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: буровая установка, мобильная буровая установка, планетарный редуктор, спускоподъемный комплекс, гидравлическая лебедка, гидравлический двигатель, привод.

Объект исследования: привод гидравлической лебедки.

Цель работы: рассчитать и спроектировать планетарный редуктор для гидравлической лебедки.

Задачи:

- подобрать и рассчитать планетарный редуктор;
- подобрать гидравлический мотор и насос;
- составить чертежи и смоделировать 3D модель привода гидравлической лебедки.

Результатом проведенной работы являются 3D модель и чертеж привода.

Область применения: планетарный редуктор используется во многих механизмах, где требуется уменьшить частоту вращения от приводящего двигателя, и увеличить крутящий момент. Основное применение это в лебедках, для подъема груза различной массы. Так же используется в гидравлические лебедки.

Гидравлическая лебедка применяется в сельскохозяйственном производстве, судостроении, на легких и грузовых транспортерах, в строительстве, в нефтегазовом оборудовании, в нефтепромысловых машинах.

## Оглавление

Введение.....	12
1. Обзор литературы.....	14
2. Объекты и методы исследования.....	20
2.1 Буровые установки.....	20
2.2 Мобильная буровая установка МБР 125.....	23
2.3 Спускоподъемный комплекс.....	30
2.4 Буровые лебедки.....	31
2.5 Талевая система.....	32
2.6 Гидравлические лебедки.....	36
2.7 Применение гидравлических лебедок.....	40
3. Расчетная часть.....	42
3.1 Подбор планетарного редуктора.....	42
3.2 Расчет чисел зубьев планетарного механизма.....	43
3.3 Расчет планетарного редуктора.....	46
3.4 Результаты проведенного исследования.....	54
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...58	
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	58
4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	59
4.3 SWOT – анализ.....	60
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	66
4.5 Планирование научно-исследовательских работ.....	67
4.6 Определение ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	80
5. Социальная ответственность.....	85
5.1 Анализ вредных факторов производственной среды.....	85
5.2 Анализ опасных факторов производственной среды.....	87
5.3 Охрана окружающей среды.....	89

5.4 Анализ воздействия объекта на гидросферу.....	91
5.5 Анализ воздействия объекта на литосферу.....	91
5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	91
5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	92
Заключение.....	94
Список используемых источников.....	95

## **Введение**

Для добычи сырья, в нефтяной и газовой промышленности ведутся буровые работы. Используется разный комплекс оборудования, разные способы бурения и виды скважин. В стационарных буровых установках, все приводы основных частей, а именно буровая лебедка, ротор и насосы, представляют собой индивидуальные электрические двигатели. Мобильные буровые установки на самоходном шасси в качестве привода основных частей используют гидравлическую систему.

При выполнении спусковых и подъемных операций на мобильных буровых установках используется буровая лебедка. Чтобы понизить силу натяжения каната, который в свою очередь наматывается на барабан лебедки, используют талевую систему и лебедку с гидравлическим приводом.

Лебедка представляет собой механизм, у которого тяговое усилие может передаваться через канат или трос. В основном предназначается для подъема и опускания груза по вертикали, а в иных случаях и по горизонтали. Этот механизм могут применять во многих сферах, в сельскохозяйственном производстве, судостроении, на легких и грузовых транспортерах, в строительстве, в нефтегазовом оборудовании, в нефтепромысловых машинах. Лебедки могут работать с разными видами двигателей, с электродвигателем или с гидромотором. В нефтегазовом оборудовании часто используют лебедки с гидравлическим приводом.

Гидравлический привод, благодаря своим существенным преимуществам по многим параметрам в сравнении с электромеханическим приводом, стал важной частью большинства машин и агрегатов, и передвижных самоходных машин. Сейчас без гидропривода практически невозможно создание высокопроизводительных лебедок и, особенно в мобильном их исполнении.

Гидравлическая лебедка работает на основе преобразования энергии жидкости в механическую энергию. В гидравлических лебедках не мало важную роль играет планетарный редуктор, который расположен

непосредственно перед барабаном. Планетарный редуктор в гидравлической лебедке понижает частоту вращения и увеличивает крутящий момент, подводимого от двигателя к барабану. Актуальность редукторов обусловлена тем, что скорость вращения практически всех двигателей достаточно велика и для практического использования их при поднятии грузов и перемещении подвижных деталей без данных приборов не обойтись.

Такие редуктора являются более легкими и компактными при больших передаточных отношениях. Они наиболее эффективно используются в механизмах, при передаче больших крутящих моментов (более 1000 Нм), при предъявлении высоких требований к компактности и массе редукторов.

В дипломной работе будет рассмотрена гидравлическая лебедка с планетарным редуктором, используемая на мобильной буровой установки для ремонта и освоения скважин МБР – 125. Задачей дипломной работы является рассчитать и спроектировать планетарный редуктор, и подобрать гидравлический мотор.

## 1. Обзор литературы

В последнее время более 60% гидравлических лебедок используются с планетарным редуктором.

Современные гидравлические лебедки для вспомогательных работ при бурении предъявляют высокие требования ко всем составляющим технологического процесса, гидравлические лебедки обладают рядом преимуществ:

- Бесшумная работа и плавность хода;
- Имеет устойчивость к высоким нагрузкам;
- Мобильность и сравнительно малый вес;
- Легкость и удобства в эксплуатации;
- Высокая надежность конструкции;
- Возможность создания тяговых усилий.

В наше время существует ряд советских источников, руководствуясь которыми можно произвести необходимые расчеты для дальнейшего конструирования планетарного редуктора для гидравлической лебедки.

Гидравлические лебедки могут использовать и с червячным редуктором. Но исходя из того, что у него в зацеплении возникает сильное трение и происходит нагрев, при перемещении больших грузов, это ограничивает скорость и долговечность лебедки. Нам же нужна на относительно больших скоростях работа, долговечность и плавность хода лебедки, поэтому в качестве привода выгоднее использовать планетарный редуктор.

Основной функцией планетарного редуктора является понижение частоты вращения и увеличение крутящего момента. А потому правильный расчет редуктора при его конструировании является ключевым фактором для обеспечения точной и эффективной, продолжительной работы редуктора.

Планетарным редуктором или как его еще называют дифференциальным принято считать такой тип редукторов, в котором передача осуществляется посредством вращения шестерней, расположенных

в планетарном порядке. Шестерни производят вращение вокруг одной центральной шестерни, которая имеет название «солнечная», поскольку находится в центре планетарного редуктора и при ее вращении, зубцы шестерней по кругу так же производят вращение. Таким образом, осуществляемое движение производит дальнейшую двигательную передачу.

Основными частями планетарного редуктора, как правило, являются такие элементы, как солнечная шестеренка, которая, как сказано выше, расположена в центре редуктора. Так же к основным элементам относятся, водило. Эта деталь редуктора предназначена для прочной фиксации осей остальных шестерней, или как их еще называют сателлитов. Сателлиты представляют собой одинакового размера шестеренки, которые располагаются вокруг основной шестерни. И наконец, еще одной важной деталью планетарного редуктора является шестерня, которая называется кольцевой. Эта шестеренка имеет вид зубчатого вида колеса, которое расположено по краю всех частей редуктора, данная часть имеет сцепку с сателлитами.

Один из элементов данного устройства всегда остается неподвижным, в данном случае это кольцевая деталь. Ведущей деталью в планетарном редукторе является солнечная шестерня, а ведомыми, стало быть, сателлиты. Как правило, наиболее часто применение планетарного вида редукторов используется в такой отрасли как машиностроение. Однако нередко его еще применяют при изготовлении различного рода станков для резки металла. Довольно часто используется сразу несколько планетарных редукторов, как правило, этими редукторами оснащается автоматическая коробка передач.

Данное устройство получило такое распространение за счет имеющихся у него положительных качеств. К ним можно отнести такие как большие возможности передачи. Они являются достаточно компактными, и поэтому для установки данного устройства не требуется большой объем места и не затрачивается много времени. К тому же редукторы планетарного вида имеют чрезвычайно малый вес, что тоже можно отнести только к достоинствам

данного оборудования. Тем не менее, требования, предъявляемые к планетарным редукторам, являются достаточно большими. При их изготовлении необходимо соблюдение абсолютной точности, поскольку зубцы должны быть плотно соприкасающимися, при этом они должны легко приводиться в движение. Данные редукторы требуют высокого внимания и являются достаточно сложными элементами при сборе.

В конструктивном плане планетарные редукторы могут быть исполнены абсолютно по-разному, их существует достаточно большое множество видов. По видам планетарные редукторы могут подразделяться на одно-, двух-, и трехступенчатые. Расположение валов у планетарных редукторов может быть, как вертикальное, так и горизонтальное. В самой кинематической схеме редукторы планетарного вида могут быть объединены с передачами разных типов, например, с коническими передачами, с передачами червячного типа и с цилиндрическими передачами. Планетарные редукторы так же могут различаться по виду подшипников, так в некоторых случаях это подшипники скольжения, которые используются, как правило, на высоких скоростях, и на подшипниках качения, которые соответственно работают при низких скоростях.

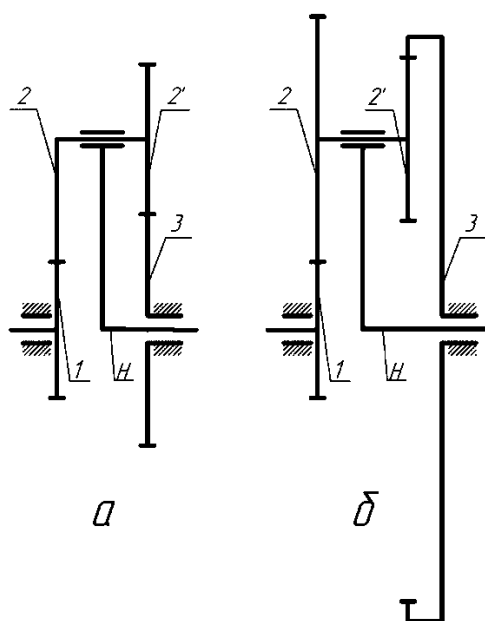


Рисунок 1 – основные типы планетарных передач



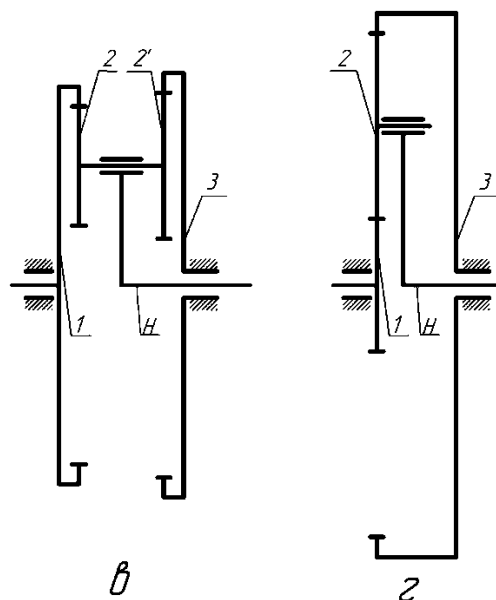


Рисунок 2 – основные типы планетарных передач

На рисунках 1 и 2 обозначено:

- 1 и 3 – центральные зубчатые колеса;
- 2 и 2' – сателлиты;
- Н – водило.

Элементы кинематических пар, принадлежащие неподвижному звену, под штрихованы.

Механизм с двумя внешними зацеплениями, на рисунке 1 обозначен буквой «а», обозначают – «АА», механизм с одним внешним и одним внутренним зацеплением, на рисунке 1 «б», обозначают – «АJ», однорядный механизм с одним внешним и одним внутренним зацеплением, рисунок 2 «в», обозначают – « $\overline{AJ}$ » и механизм с двумя внутренними зацеплениями, рисунок 2 «г», обозначают – «JJ». [13]

Приведенные на рисунках механизмы могут понизить число оборотов от входного звена к выходному или повысить число оборотов. Но, из-за возможного самоторможения или использования планетарного механизма с низким коэффициентом полезного действия, такие механизмы не применяют в качестве повышения оборотов.

При использовании планетарных редукторов в качестве приводов в лебедках, существует ряд немаловажных проблем, на которые стоит уделять

внимание. Одна из них является большие габариты привода. Решение проблемы представлено в источники [1].

Планетарные лебедки используются преимущественно для подъемно-транспортных и строительных машин, которые включают в себя барабан с встроенным в его полость планетарным редуктором, тормоз и двигатель.

Цель изобретение было получить компактную конструкцию привода, облегчить сборку лебедки и повысить надежность работы тормозного устройства.

Достигается это тем, что тормоз смонтирован между барабаном и приводным двигателем в промежуточном корпусе и снабжен регулирующим устройством. Это устройство состоит из подвижных в осевом направлении полумуфт, которые позволяют восстанавливать нормальный отход тормозного диска по мере износа фрикционной прокладки. [1]

В. П. Тепляков предложил использовать твердую смазку в планетарных редукторах. В некоторых приводных машинах, где планетарный редуктор, работающий без жидкой смазки, а используя твердую, существует такая проблема как сложная конструкция смазочного устройства и при использовании твердой смазки увеличиваются осевые габариты редуктора.

Редуктор с твердой смазкой, содержащий корпус, расположенную в нем зубчатую передачу, смазывающие ее и поджатые к ней элементы сухой смазки и устройство, которое подают смазку по мере ее истирания. [2]

Целью является уменьшение осевых габаритов редуктора и обеспечение плавности зацепления за счет использования смазки.

Указанная цель достигается тем, что редуктор снабжен расположенным в одной плоскости с основным дополнительным водилом, на осях которого размещены сателлиты из антифрикционного материала, каждый из последних расположен между металлическими сателлитами, а между основной и дополнительным водилами установлена пружина. Которая постоянно поджимает сателлиты к рабочим поверхностям зубьев центральных колес и обеспечивает нанесение твердой смазки в зоне трения зубчатых колес.

Водило, поворачиваясь относительно оси водила, исключает изменение межцентрового расстояния зубчатых колес редуктора, чем обеспечивает плавность зацепления. Величина усилия пружины рассчитывается из условия обеспечения образования антифрикционной пленки в зоне трения. [2]

При создании планетарных редукторов для гидравлических лебедок необходимо работать в тесном сотрудничестве с заказчиками и проектными институтами, для создания конкретных машин под заданные рабочие условия, которые основанные на требованиях при использовании современного программного обеспечения и структурных вычислений, включая трехмерное моделирование, все с целью оптимального решения.

Для повышения срока службы планетарного редуктора, который используется в качестве привода лебедки, и снижения шума ряд авторов, такие как Галицков, Плеханов, Курдюков, Костин предложили патент, в котором происходит процесс постоянной смазки солнечного колеса редуктора в процессе работы.

Они предложили сделать на ребрах жесткости водила карманы, при вращении которые будут черпать масло, и при повороте водила выливать масло на солнечную шестерню, тем самым будет происходить процесс смазывания шестерни.

Использование изобретение позволит за счет интенсивной смазки центральной шестерни без дополнительных устройств увеличить срок службы редуктора в 2 – 2,5 раза, уменьшить шум и повысить КПД редуктора по сравнению с другими планетарными редукторами, у которых нет такой особенности смазки солнечной шестерни. [3]

## **2. Объекты и методы исследования**

### **2.1 Буровые установки**

Буровая установка является комплексом буровых машин, механизмов и оборудования, установленного на пункте бурения, который обеспечивается посредством бурового инструмента независимое выполнение технологических операций. Современные буровые установки включают в себя компоненты:

- буровое оборудование (талевый механизм, насосы, лебедка, вертлюг, ротор, привод, топливомасляная установка, дизельные и электрические станции, пневматическая система);
- буровые сооружения (вышка, основания, сборные и разборные каркасно-панельные укрытия);
- оборудование для автоматизации и облегчения выполняемых работ (регулятор подачи долота, механизмы для автоматизации спускоподъемных операций, пневматический клиновой захват для труб, автоматический буровой ключ, вспомогательная лебедка, краны для ремонтных работ, пульт контроля процессов бурения, посты управления);
- оборудование для подготовки и приготовления, промывочного раствора (блок приготовления, вибросита, емкости для химических реагентов, воды и промывочного раствора);
- манифольд (нагнетательная линия в блочном исполнении, дроссельно-запорные устройства, буровой рукав);
- устройства для обогрева блоков буровой установки (теплогенераторы, отопительные радиаторы и коммуникации для разводки теплоносителя).

С течением времени буровые установки обновляются, становятся более производительными и надежными моделями, которые отвечают требованиям бурения и новейшим достижениям науки и техники. Увеличение эффективности и надежности буровых установок - предпосылка успешной

реализации непрерывного увеличения объемов бурения. Во многих случаях изменение созданных моделей происходит в связи с изменением параметров буровых установок. [5]

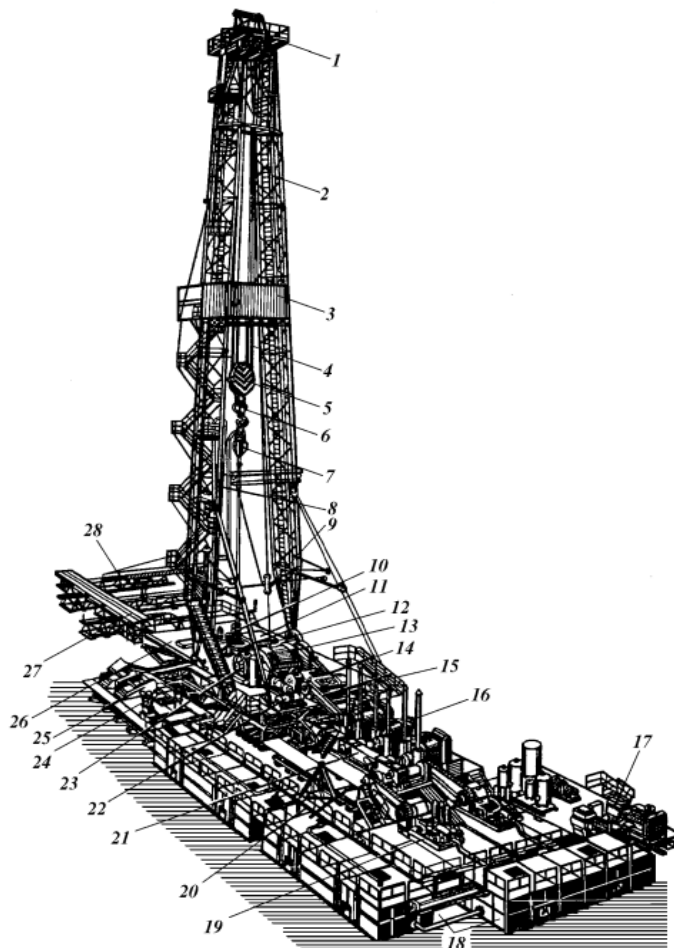


Рисунок 3 - Буровая установка

Состав и компоновка буровой установки:

1 - крон блок; 2 - вышка; 3 - паши вышки; 4 - талевый канат; 5 - талевый блок; 6 - крюк; 7 - вертлюг; 8 - буровой рукав; 9 - успокоитель талевого каната; 10 - автоматический буровой ключ; 11 - подсвечник; 12 - ротор; 13 - лебедка; 14 - коробка передач; 15 -наклонная передача; 16 - силовые агрегаты; 17 - компрессорная станция; 18 - циркуляционная система; 19 - буровой насос; 20 - манифольд; 21 - суммирующий редуктор силовых агрегатов; 22 - регулятор подачи долота; 23 - гидродинамический тормоз; 24 - гидроциклоны; 25 -

вибросито; 26 - основание лебедочного блока; 27 - приемные мостки и стеллажи; 28- консольно-поворотный кран.

Установка для бурения состоит: из бурильной колонны, которую поддерживает на весу вышка, силового привода, оборудования, которое вращает и подает буровое долото, совокупность насосных агрегатов и устройств, используемых для прокачки бурового раствора, для его приготовления и очистки от механических примесей, от частиц разрушенной горной породы, спускоподъемного комплекса для решения таких задач, как спуск и подъем колонн для смены и ремонта изношенного долота, оборудования для герметизации устья скважины, контрольно-измерительных приборов и других устройств. В состав буровой установки также входят основания, на которых монтируют оборудование, мостки, лестницы, ёмкости для топлива, раствора, воды, химических реагентов и порошкообразных материалов.

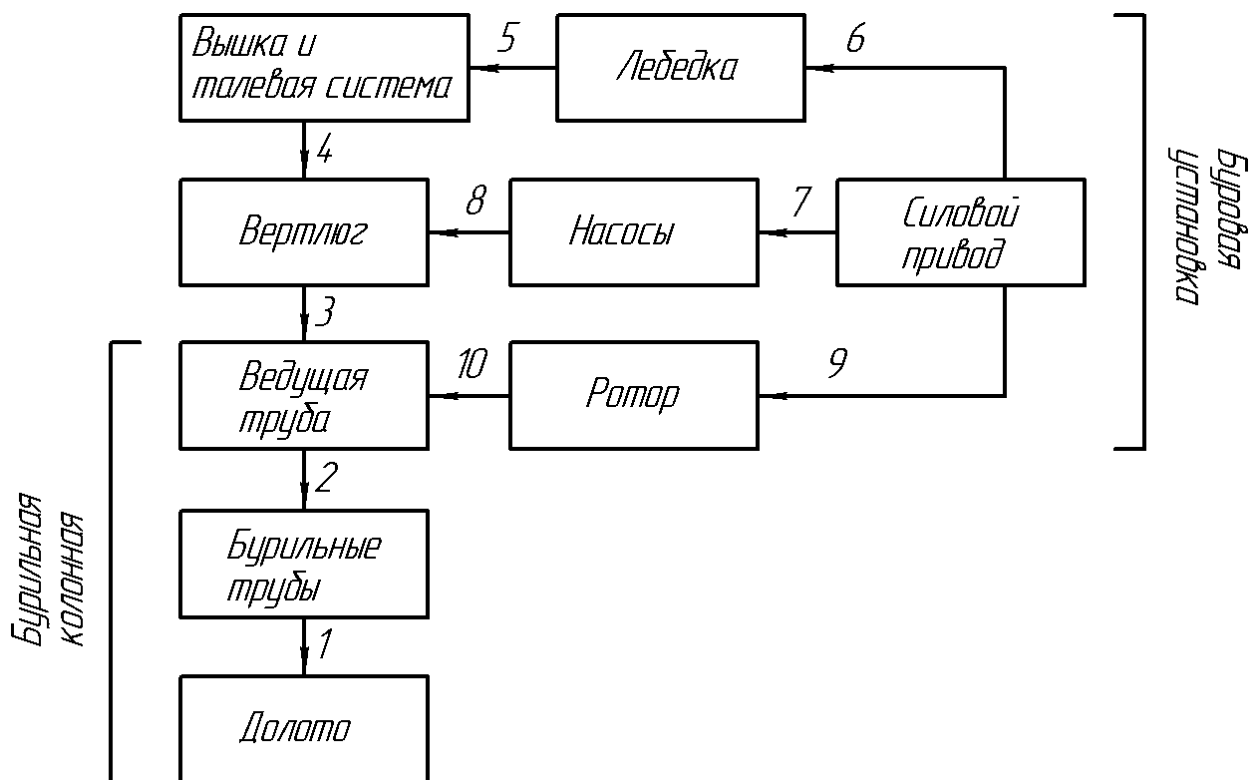


Рисунок 4 - Функциональная схема буровой установки

В функциональную схему буровой установки входят:

1 - переводник к центратор; 2, 3 - переводники ведущей трубы и вертлюга; 4 - крюк; 5 - ведущая ветвь каната; 6, 7, 9 - трансмиссии лебедки и ротора; 8 - линия высокого давления; 10 - зажимы ротора.

Буровые установки подразделяются на стационарные, самоходные и мобильные буровые установки. Отличаются производительностью, способами бурения, габаритами установки, глубиной бурения. [5]

## **2.2 Мобильная буровая установка МБР - 125**

Мобильные буровые установки предназначены для ремонта и освоения скважин, для спуска и подъема бурильных и насосно-компрессорных труб (НКТ) и других видов операций при текущем и капитальном ремонте и освоения газовых, нефтяных и нагнетательных скважин. Мобильные буровые установки представляют собой особый вид спецтехники, специализирующая на устройстве скважин. Они оснащены шнековым оборудованием с быстрой разверткой на рабочем месте. Такой метод позволяет сократить время подготовительных работ и устранить необходимость вызова специальной бригады.

В зависимости от метода передвижения буровые машины бывают:

- на базе автомобилей, оборудованных стреловым механизмом. Такие установки лучше всего применять для устройства буронабивных свай длиной до 30 м. Из минусов этого типа можно выделить небольшую маневренность;
- на собственном пневмоколесном или гусеничном ходу. Эти мобильные буровые установки могут применяться как при монтажных, так и во время изыскательских работ.

Мобильная буровая установка МБР – 125 предназначена для бурение разведочных, эксплуатационных скважин, проведение капитального ремонта (КРС), в том числе для работ по зарезке бокового ствола из действующих или ликвидированных скважин, а также для проведения аварийных видов работ по

строительству скважин. Установка работает в интервале температур от -40 до +40° С. Наибольшая грузоподъемность установки составляет 125 тонн.

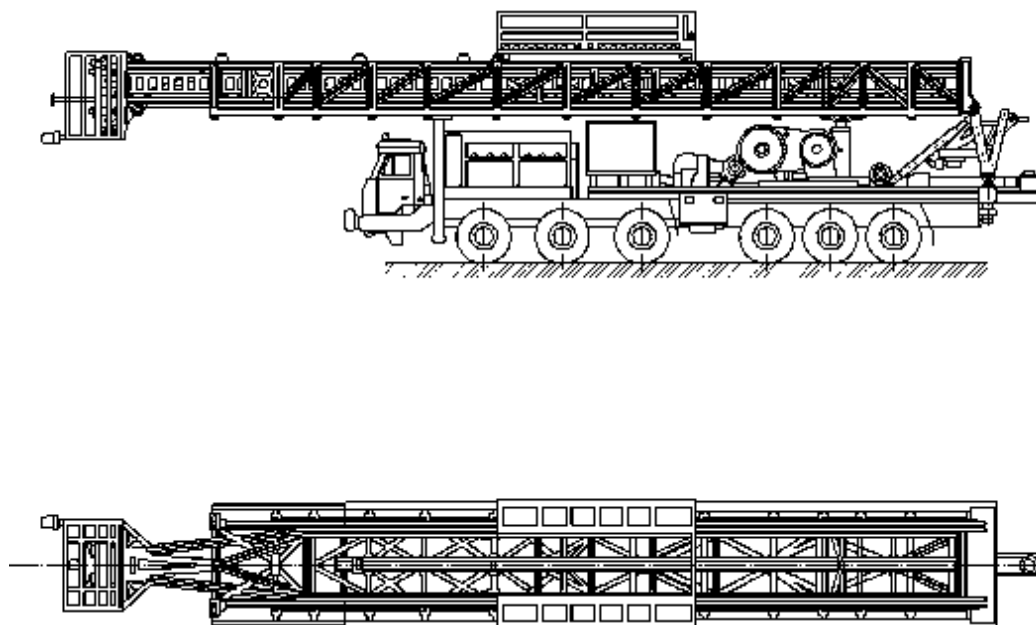


Рисунок 5 – Общий вид МБР-125

Основные составные части: шасси, вышка, лебедка с гидравлическим приводом, талевая система, рабочая площадка параллелограммного типа, комплект фундаментов, мостки со стеллажами для укладки труб, вспомогательное гидрооборудование, оборудование для бурения.

Шасси имеет вид шестисосного самоходного транспортного средства, колесная формула которого составляет 12х12. Транспортный двигатель также является основным двигателем для лебедки подъемного устройства. Для вывешивания установки на скважине используются гидравлические домкраты.

Вышка – телескопическая двухсекционная с открытой передней гранью. Подъем и выдвижение вышки в вертикальное положение осуществляется с помощью гидроцилиндров.

Вышка оснащена балконом, роликами для подвешивания машинных ключей, роликом вспомогательной лебедки, успокоителем талевого каната, роликом для подвешивания кабеля электроцентробежного насоса. Для



обслуживания кронблока установлена лестница, оснащенная страховочным тросом, и специальная площадка с ограждением.

Балкон оборудован ограждением и укрытием с трех сторон высотой 2,5 м, ограждениями внутренних площадок, устройством аварийной эвакуации верхового рабочего. Подъем на балкон осуществляется по лестнице, оснащенной тоннельным ограждением и промежуточными площадками.

Установка МБР – 125 оснащена лебедкой с гидравлическим приводом.

Гидросистема привода лебедки является системой с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости с двумя регулируемые аксиально-поршневыми насосами и высокомоментными гидромоторами. Гидролебедка имеет четыре комплекта гидроуправляемых двухсторонних дисковых тормозов, для дистанционного управления основных органов гидросистемы, очистки и подготовки рабочей жидкости и для обеспечения работоспособности при низких температурах используется комплект гидроаппаратов.

Насосы являются сборочными насосными системами, включающими также насосы для управления наклонными блоками главных насосов и для подпитки закрытого контура циркуляции гидросистемы. Секции дополнительного шестеренного насоса обеспечивают как подачу потока для управления исполнительными органами гидросистемы, так и привод вентиляторов для охлаждения тормозов, и гидросистемы, а также вместе с электроприводным насосом, установленным в масляном баке, циркуляцию масла в системе после его прогрева от нагревателей в баке.

Для управления расхода и стороны вращения насосов используется джойстик управления лебедкой через распределителей с пропорциональными электромагнитами. Переключение одного из главных насосов на гидропривод ротора или трубного ключа осуществляется через дополнительный распределитель. Управление гидравлической лебедкой происходит из кабины оператора. Также оператор управляет ротором, гидроприводным пайдером,

вспомогательной лебедкой, следит за оборотами двигателя и имеет доступ к аварийной остановке двигателя.

Талевая система в мобильной буровой установке МБР – 125 имеет оснастку 5х4. Для спуска и подъема грузов используется канат толщиной 28 миллиметров, талевый блок с адаптером, кронблок барабаны и успокоитель талевого каната.

Рабочая площадка параллелограммного типа оборудована защитой от ветра высотой 2,6 метров, подроторной балкой, защитой подроторного пространства. Грузоподъемность площадки 160 тонн.

Комплект фундаментов обеспечивает ремонт установки на скважине с наименьшей затратой на подготовительные работы. Фундаменты имеют опорные точки для гидравлических домкратов.

Комплект включает передний фундамент, средний и задний фундаменты. Задний фундамент связан системой раскосов с рабочей площадкой, что позволяет более равномерно распределять нагрузку на основание.

Для обеспечения работы гидравлических узлов – гидроцилиндров подъема и выдвигания вышки, гидравлических домкратов, гидравлического привода вспомогательной лебедки используется система вспомогательного оборудования.

Оборудование для бурения представляет собой буровые насосы, для перекачки буровых растворов, резервные емкости, станция горючих и смазочных материалов, циркуляционную систему.

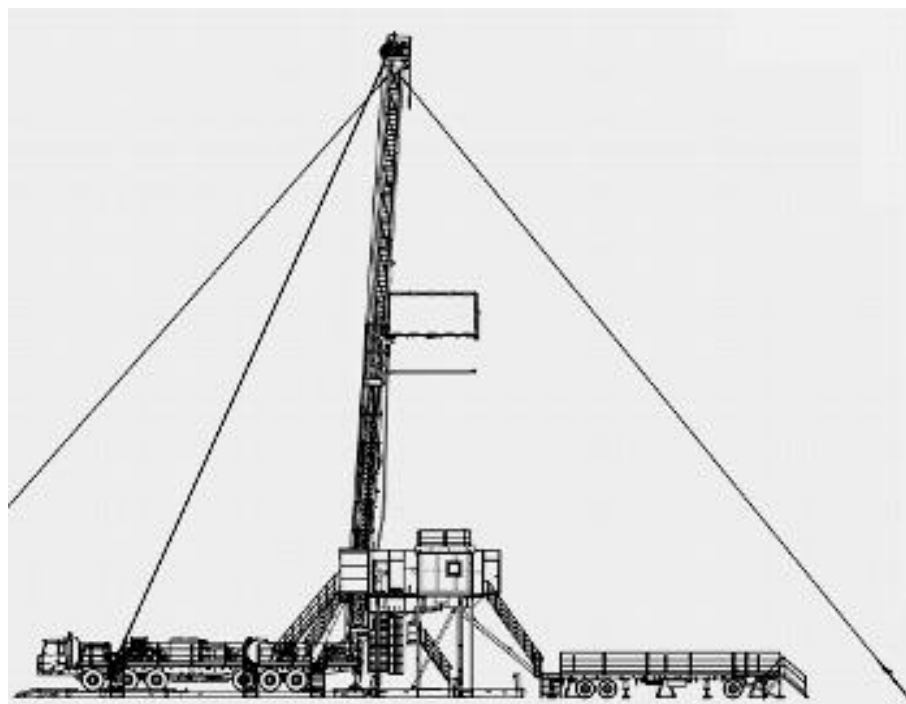


Рисунок 6 – МБУ-125 в рабочем положении

### Технические характеристики мобильной буровой установки МБР - 125

Таблица 1 - Технические характеристики МБР 125

Наименование параметра	Значение параметра
Грузоподъемность, т	125
Колесная формула	12х12
Двигатель	ТМЗ 8431
Номинальная мощность двигателя, л.с	470
Частота оборотов двигателя, об/мин	2100
Скорость движения, км/ч	40
Нагрузка на ось, т	До 13
Длина установки, мм	21100
Высота Установки, мм	4500
Ширина установки, мм	3200
Масса установки, кг	66800
Условия работы, ° С	От -40 до +40
Допускаемая нагрузка на крюке, кН	1226

- Расстояние от оси кронблока до земли, мм	37000
- оснастка талевой системы	4x6
- толщина каната, мм	28
- тяговое усилие буровой лебёдки, кН	191
- скорость подъема, м/с	0,15 - 1,5
Гидродинамический тормоз:	
- включение	Оперативное, дисковой
- скорость спуска крюкоблока с грузом массой 75 т, м/с	пневматической муфтой 0,9
Гидросистема рабочая/монтажная:	Аксиально-поршневой 310.2.112 –
- тип и модель насоса	2 шт./НШ-50М4 – 1 шт.
- номинальное давление, МПа (атм.)	11,8 (120)/ 13,7 (140)
- номинальная подача, л/мин	380
- Допускаемая нагрузка вспомогательной гидролебедки, кН	29,5
- Мощность аварийного электродвигателя, кВт	30
- скорость подъема крюкоблока при допускаемой нагрузке до 125 т/с, м/мин	0,8
- наибольшая скорость подъема, м/мин	2,9
Освещение взрывозащищенное, В	220, (аварийное 24)

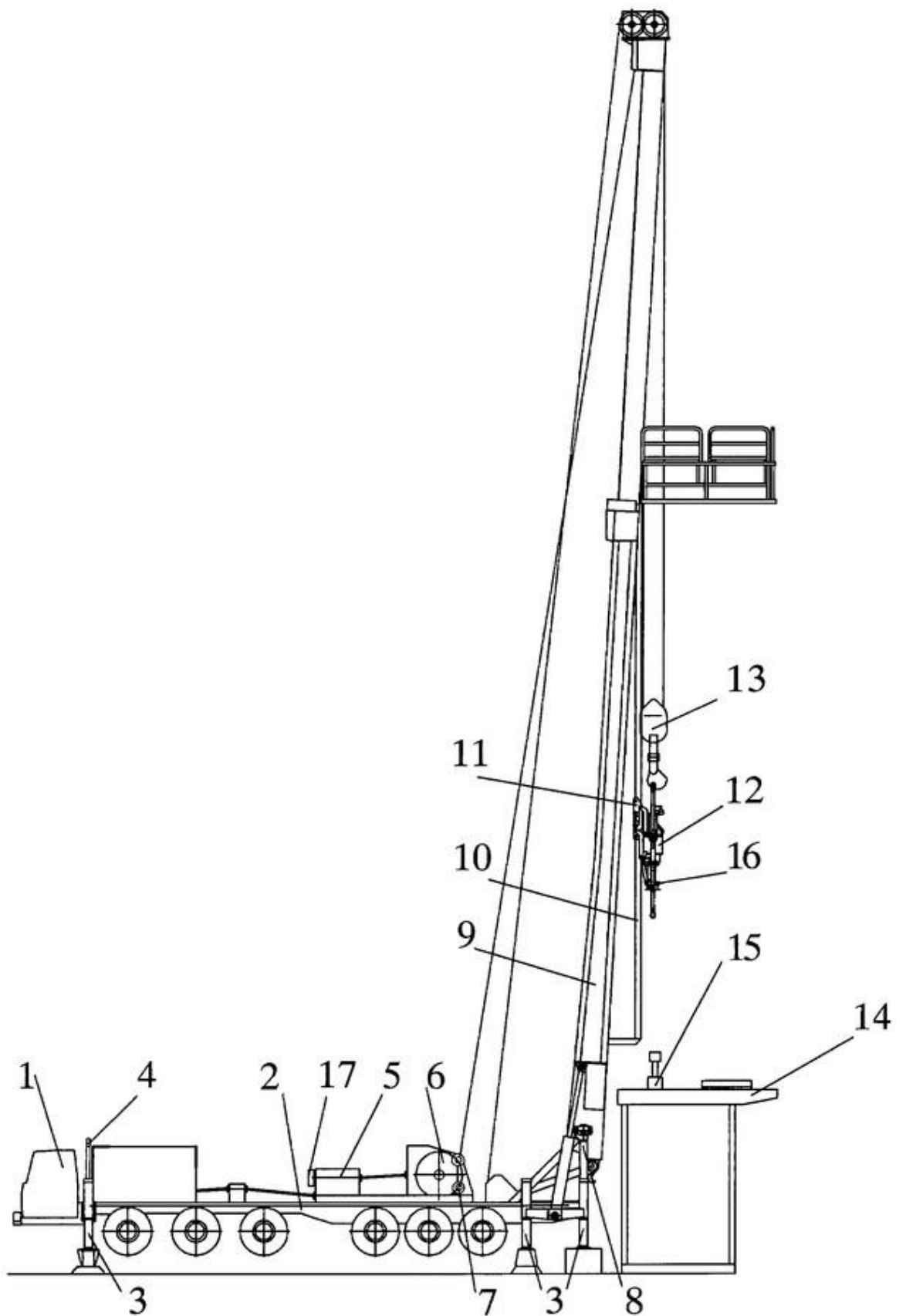


Рисунок 7 - МБР – 125

Мобильная буровая установка содержит: 1 - шасси МЗКТ, 2 - раму шасси, 3 – гидравлический домкрат, 4 - переднюю опору вышки, 5 - реверс-

редуктор, 6 - барабан лебедки, 7 - дисковый тормоз, 8 - заднюю опору вышки, 9 - вышку, 10 - направляющую, 11 - каретку, 12 - верхний силовой привод (ВСП), 13 - крюкоблок, 14 - стационарную рабочую площадку, 15 - спайдер, 16 - элеватор, 17 – гидротормоз.

### **2.3 Спускоподъемный комплекс**

Спускоподъемный комплекс (СПК) буровой установки это агрегаты и механизмы основных органов управления и сооружений, которые служат для удержания, спуска и подъема насосно-компрессорных и бурильных труб, обсадной колонны и обеспечения необходимых технологических манипуляций при проводке скважины. На рабочей площадке установлена вышка, буровая лебедка, механизм для крепления мертвого конца талевого каната.

Выполняются следующие виды работ при использовании СПК:

- При замене долота производится подъем и спуск бурильных труб;
- Для разгрузки веса бурильной колонны на забое в процессе бурения и подача породоразрушающего инструмента в скважину со скоростью, которая равна скорости разрушения горной породы;
- С целью устранения затяжек инструмента при проработке ствола перемещают бурильную колонну;
- Дополнительные технологические и аварийные работы, которые связаны с небольшим подъемом, спуском или рассаживанием обсадных колонн, устранения прихватов инструмента и колонн в скважине, работой в наклонных и горизонтальных участках скважины.

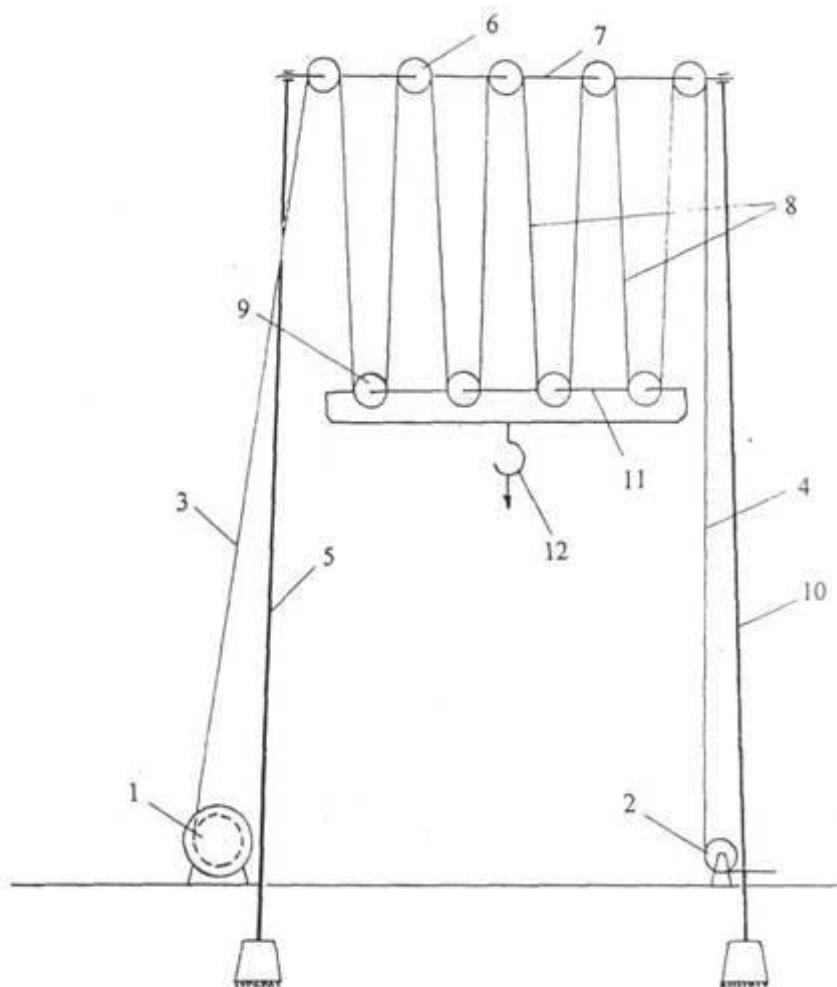


Рисунок 8 - Кинематическая схема спускоподъемного комплекса буровой установки

Спускоподъемный комплекс буровой установки: 1 - буровая лебедка; 2 - механизм перепуска и крепления талевого каната; 3 - ходовой конец талевого каната; 4 - неподвижный конец талевого каната; 5, 10 - ноги буровой вышки; 6 - шкив кронблока; 7 - кронблок; 8 - рабочие струны талевого каната; 9 - шкив талевого блока; 11 - талевый блок; 12 - бурильный крюк. [8]

## 2.4 Буровые лебедки

Обычная лебедка представляет собой механизм, у которого тяговое усилие передается через канат, цепь или стальной трос. Основное предназначение подъем груза по вертикали, фиксация его в воздухе, а иногда при сложных конструкциях возможно перемещение троса по горизонтали.

Что касается буровой лебедки, то она является главным механизмом в спускоподъемном комплексе. Буровая лебедка обеспечивает натяжение талевого каната и наматывание его на барабан при спуске в скважину буровых труб и при подъеме на поверхность для проведения ремонтных мероприятий, для смены вышедшего из строя долота, забойных двигателей, для подъема с забоя скважины керна или для наращивания длины бурильных труб по мере углубления скважины. [7]

Буровая лебедка контролирует скорость сматывания троса с барабана, при этом регулируется скорость спуска в скважину, с целью поддержания в процессе бурения одной нагрузки на породоразрушающий инструмент. Буровая лебедка способна затормаживать скорость подъема или спуска бурильных труб, вплоть до остановки и удерживать их в свободном положении.

В отличие от лебедок, которые используются в грузоподъемных машинах, буровые лебедки могут работать в условиях изменения действующих нагрузок. То есть нагрузки возрастают с углублением скважины, а в процессе подъема изменяются в зависимости от числа подвешенных буровых труб.

При подъемных операциях скорость наматывания троса на барабан должна быть в интервале от 2 до 20 м/с, а при подъеме веса, скорость должна составлять от 2 до 6 м/с. При этом мощность на барабане должна составлять от 400 до 2200 кВт, а максимальное натяжение конца талевого троса от 125 до 475 кН. При больших скоростях ухудшается условие намотки троса на барабан. [8]

## **2.5 Талевая система**

Талевая система для подъема и поддержания на весу тяжелого бурового оборудования. В процессе работы талевая система выполняет различные операции. С одной стороны, она служит для подъема неработоспособного



долота, для ремонта и его замены, с другой для спуска и подъема труб при эксплуатации скважины, для ловильных работ и при отборе керна.

Талевая система обеспечивает создание на крюке необходимого усилия для извлечения из скважины прихваченной бурильной колонны или при авариях с ней. Для обеспечения наилучшей продуктивности при работах подъемная система имеет две скорости подъемного крюка, это техническую для спускоподъемных операций и технологическую для остальных видов операций. [8]

Талевая система представляет из себя полиспастный механизм, который состоит из основных частей:

- Кронблока, который установлен на вышке;
- Талевого блока;
- Талевого троса, являющийся гибкой связью между лебедкой и крюком, подвешенным к талевому блоку.

Талевая система должна изменять скорость подъема груза в соответствии с повышением нагрузки, для обеспечения минимума затрат времени. Она также служит для удержания бурильной колонны, спущенной в скважину, в процессе бурения.

Под оснасткой талевой системы понимается навеска каната на шкивы кронблока и талевого блока в определенной последовательности, исключая перекрещивание каната и трение его струн друг о друга. В настоящее время создано несколько типов оснастки.

Существует два типа оснасток: параллельная, когда ось талевого блока параллельна оси кронблока, и крестовая, когда оси талевого блока и кронблока перпендикулярны. Наиболее распространена крестовая оснастка. Она имеет то преимущество, что исключает закручивание талевого блока и трение струн каната друг о друга.

Талевая система с неподвижным концом каната (симметричная талевая система) обеспечивает более равномерное распределение нагрузки на опоры вышки или мачты, а также позволяет устанавливать на неподвижной ветви

талевого каната указатель веса инструмента и нагрузки на породоразрушающий инструмент.

Стальные канаты талевых систем, являясь частью талевой системы буровой установки, осуществляют гибкую связь между буровой лебедкой и подъемным крюком. Они должны быть достаточно гибкими и иметь высокую механическую прочность. По конструктивному признаку различают канаты одинарной, двойной и тройной свивки. На буровых работах применяют канаты двойной свивки, состоящие из шести прядей, свитых вокруг органического или металлического сердечника.

Кронблок является неподвижной частью талевой системы, который размещается на верхние рамы мачты. Он представляет раму, сваренную из листов профильного проката, на которой в опорах располагается ось с подшипниками качения. Грузоподъемность кронблоков варьируется от 200 до 600 тонн, однако на грузоподъемность может влиять число канатных шкифов.

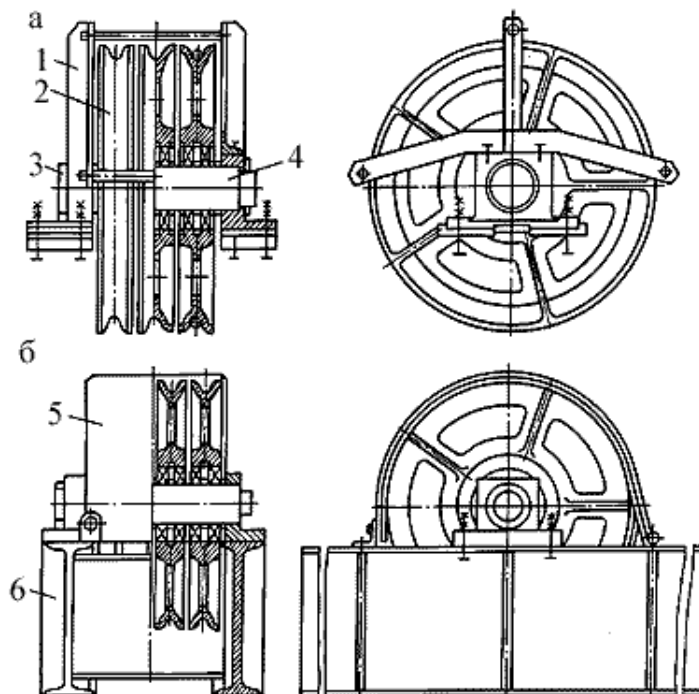


Рисунок 9 - Кронблок

1 - траверса; 2 - шкивы; 3 - ось; 4 - предохранительный кожух; 4,5 - предохранительные шкивы; 5 - щеки; 6 - серьга.

Талевый блок является подвижной частью талевой системы, подвешивается к кронблоку на талевом канате и соединяется с бурильными или обсадными трубами с помощью вертлюжной скобы, крюка или элеватора.

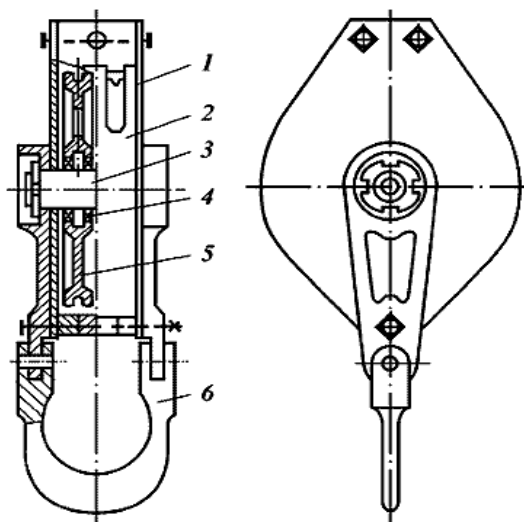


Рисунок 10 - Талевый блок

Талевый блок состоит из: 1 - щека; 2 - боковой кожух; 3 - ось шкивов; 4 - подшипник; 5 - шкив; 6 -серьга.

Талевый блок должен иметь минимальные габариты, особенно ширину, т.к. он движется внутри вышки в пространстве между пальцами магазина с бурильными свечами. Поэтому должно быть обеспечено минимально безопасное расстояние между блоком и элементами вышки. Талевый блок обычно выполняют из двух сварных боковых щёк, соединённых наверху полой траверсой, а внизу – поперечной подвеской, которая присоединяется с помощью пальцев. Эти детали составляют силовой каркас блока.

В щеках неподвижно закреплена ось, на которой на подшипниках качения смонтированы шкивы (для предохранения смещения ось торцов закреплена гайками). Шкивы блока закрыты кожухами, снабжёнными прорезями для прохода струн каната. [7]

## 2.6 Гидравлическая лебедка

Ранее большинство лебедок на буровых установках работали с механическим двигателем и с червячным редуктором, но из-за того, что в червячной передаче возникало много избыточного тепла при перемещении больших грузов, что приводило к уменьшению ресурсу и количества часов работы редуктора, со временем перешли на планетарные редукторы, которые являются эффективнее и по сей день. Так же лебедки начали оборудовать гидравлической системой, вместо механического двигателя.

Под гидроприводом понимают совокупность объемных гидродвигателей, предназначенные для приведения в движение механизмов и машин при помощи рабочей жидкости, которая поддается под давлением в гидромотор. В гидравлических приводах используется минеральное масло в качестве рабочей жидкости.

Широкое использование гидроприводов определяется рядом их преимуществ перед другими типами приводов и прежде всего получения больших усилий и мощностей при ограниченных размерах гидродвигателей. Гидроприводы обеспечивают широкий диапазон беступенчатого регулирования скорости, возможность работы в динамических режимах с требуемым качеством переходных процессов, защиту систем от перегрузки и точный контроль действующих усилий.

Гидроприводы имеют и недостатки, ограничивающие их использование на производстве. Это потери на трение и утечки рабочей жидкости, которые в свою очередь снижают коэффициент полезного действия гидравлического привода и вызывают ее разогрев. При использовании фильтров тонкой очистки, чтобы обеспечить надежность гидроприводов увеличивает стоимость и утяжеляет техническое обслуживание. Если воздух или вода попадет в минеральное масло, то работоспособность гидравлических систем снижается, что приводит к уменьшению продуктивности работы. К изменению скорости движения рабочих колес приводит разогрев масла, то есть изменение его вязкости. [9]

Гидропривод обеспечивает бесступенчатое регулирование скоростей спуска-подъема, выполнение ударных операций при извлечении и посадке скважинных устройств, непрерывный авто-контроль натяжения троса, гидравлическое торможение барабана лебёдки при длительных спусках. Установки обычно комплектуются гидравлическим индикатором натяжения троса.

Работоспособность гидравлических лебедок обеспечивается в районах с умеренным и холодным климатом при температуре окружающего воздуха от минус 45 до плюс 45°С.

Лебедки с гидравлическим приводом рассчитаны на выполнение работ, требующих высокого горизонтального тягового усилия, таких как прокладка, ремонт трубопровода и т.д. Лебедка с гидравлическим приводом, работают от гидравлической системы машины-носителя, эффективно преобразуя ее энергию в тяговое усилие.

Агрегаты состоят из гидромотора, передающего усилие на тросовый барабан через планетарный редуктор, многодискового тормоза, гидравлических шлангов высокого давления и перепускных клапанов для защиты от перегрузок. Вся система подключается к насосу гидроусилителя руля машины и, как правило, оснащена элементами управления.

Тяговые усилия, которые способны создавать гидравлические лебедки колеблются в самых широких пределах. От пары тонн то 20 000 и более килограммов. А потому могут применяться в различных отраслях деятельности.

Основное назначение: Гидравлические лебедки разработаны для применения в качестве вспомогательных лебедок в установках подъемных, бурильно-крановых и бурильно-сваебойных машинах, а также могут использоваться как самостоятельно действующие механизмы для проведения любых подъемно-транспортных и тяговых работ.

При капитальном ремонте гидравлической лебедки основными работами являются смена узлов гидронасоса, гидромотора и другие операции

с последующей обкаткой узлов вхолостую на максимально допустимую нагрузку. Капитальный ремонт гидравлической лебедки для восстановления технических данных до паспортных дает положительные результаты, когда выполняется в заводских условиях.

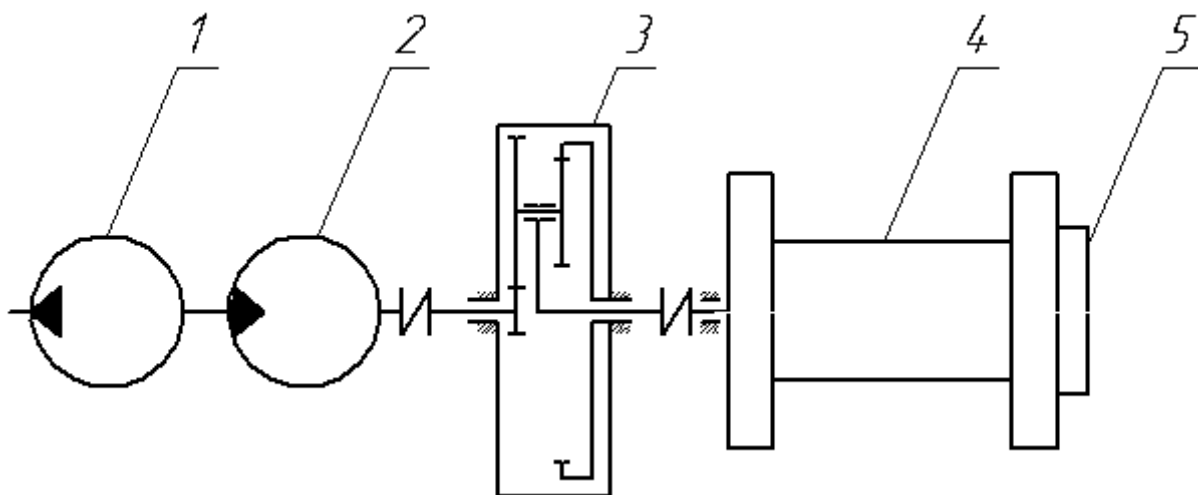


Рисунок 11 – Гидравлическая лебедка с планетарной передачей

Полный конструктивный состав гидравлической лебедки:

1. гидравлический насос;
2. гидравлический двигатель;
3. планетарный редуктор;
4. барабан с наматываемым на него тросом;
5. тормозной механизм.

В основном устанавливают аксиально-поршневой насос и гидромотор на гидравлическую лебедку с планетарным редуктором. Принцип работы гидромотора: Рабочая жидкость, которая нагнетается из гидравлической системы, через отверстия в крышке и через паз распределителя поступает в цилиндры и приводит в движение поршни. Поршни передают усилие на сферический шарнир. Сила в шарнире раскладывается на осевую и тангенциальную составляющие, так как оси вала и блока цилиндров находятся под углом. Осевая нагрузка воспринимается радиально-упорными подшипниками, а тангенциальная создает крутящий момент на валу гидромотора. Величина момента и частота вращения вала гидромотора

определяются рабочим объемом гидромотора, давлением и количеством подводимой рабочей жидкости.

В качестве гидромотора я подобрал аксиально-поршневой гидромотор типа МГ 50. Аксиально-поршневые гидромоторы являются высокооборотными и низкомоментными. Иными словами, можно сказать, что аксиально-поршневые моторы не развивают вращающих моментов достаточных для подъема груза и стрелы, поворота крановой металлоконструкции, к тому же частота вращения их выходного вала существенно превышает рабочие, технологические частоты вращения крановых механизмов. С этой целью в приводах, оборудованных аксиально-поршневыми двигателями, предусматриваются редукторы, для уменьшения угловой скорости и повышения крутящего момента. [11]

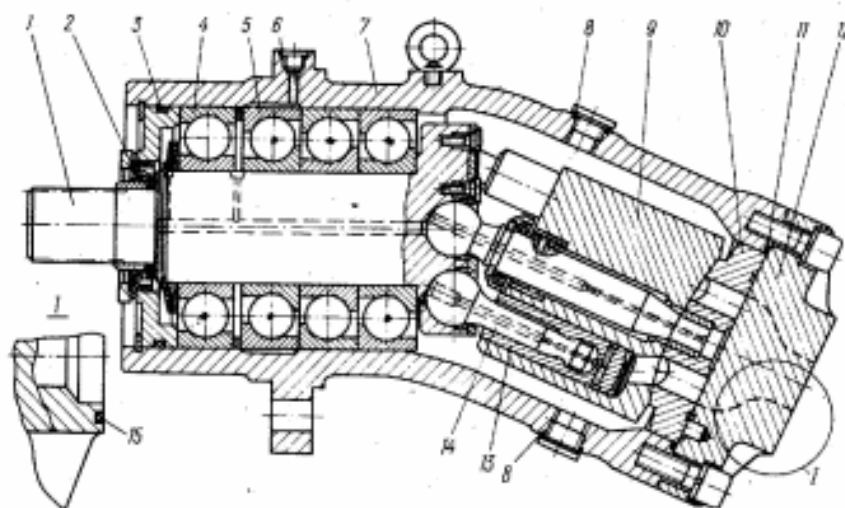


Рисунок 12 – Конструкция аксиально-поршневого гидромотора

Конструкция аксиально-поршневого гидромотора: 1 – вал; 2 – манжета; 3, 6, 8, 11 15 – уплотнительные кольца; 4 – радиальный подшипник, 5 – радиально-упорный подшипник; 7 – корпус, 9 – блок цилиндров, 10 – распределитель; 12 – крышка; 13 – поршни; 14 – шатуны.

При работе гидромотора рабочая жидкость нагнетается (всасывается) через отверстия крышки и кольцевые пазы распределителя в блок цилиндров, увеличивая объем рабочих камер за счет перемещения поршней. Виду того, что оси вала и блока цилиндров находятся под углом  $\alpha$ , осевая и радиальная

составляющая усилия от шатунов в месте их контакта с валом воспринимаются радиальным 4 и радиально-упорным 5 шарикоподшипниками, а тангенциальная составляющая создает вращающий момент относительно оси вала гидродвигателя, преодолевая внешнюю нагрузку.

Величина вращающего момента, развиваемого гидромотором, определяется внешней нагрузкой и ограничивается давлением, на которое рассчитан предохранительный клапан гидросистемы.

Предохранение от утечки рабочей жидкости из гидромашины осуществляется с помощью манжеты 2 и уплотнительных колец 3, 6, 8, 11 и 15. [11]

## **2.7 Применение гидравлических лебедок**

Применение гидравлической лебедки обусловлено ее габаритами и техническими возможностями. Такой тип лебедок может использоваться как швартовый механизм, в области судостроения, строительного производства, на различных видах специализированного транспорта: тракторах, тягачах, эвакуаторах и т.д. Гидравлические лебедки присутствуют в конструкции стреловых кранов, входят в состав бурового и землеройного оборудования.

Мощность гидролебёдок больше мощности механических, но и не уступает им в надежности работы. Электрические лебедки отличаются от гидравлических герметичностью, гидравлические лебедки можно использовать в условиях повышенной влажности, и даже под водой. Кроме того, у гидравлических лебедок есть и другие преимущества по сравнению с механическими и электрическими аналогами:

- Бесшумная работа и плавность хода;
- Имеет высокую устойчивость к высоким нагрузкам;
- Относительно малый вес;
- Легкость в эксплуатации. [9]



Гидравлическую лебедку можно использовать как с червячным, так и с планетарным редуктором. С точки зрения надежности, выносливости на встряхивание и грузоподъемности предпочтение следует отдавать механизму с червячным редуктором. Преимущества червячного редуктора следующие, передаточное число может достигать 1:110, червячная передача обладает большим потенциалом снижения частоты вращения и повышения крутящего момента по сравнению с другими видами передач. [14] Червячный редуктор обладает низким уровнем шума, они обладают плавностью хода. Червячная передача обладает самоторможением. К недостаткам относят следующее: низкий КПД, нагрев корпуса, люфт выходного вала.

Если приоритетом является именно скорость передвижения троса, то правильнее остановиться на устройстве с планетарным редуктором. Достоинства планетарных передач: она имеет большое передаточное число в одной ступени, имеет малые габариты и массу. Планетарный редуктор имеет повышенную нагрузочную способность. Планетарный редуктор имеет малую нагрузку на опоры, и они обладают пониженную шумность, что связано с повышенной плавностью внутреннего зацепления и меньшими размерами колес. К недостаткам относят повышенные требования к точности изготовления и монтажа редукторов и резкое уменьшение КПД передачи с увеличением передаточного числа.

Если стоит выбор, с каким редуктором использовать гидравлическую лебедку, а именно с червячным или планетарным, то стоит выбрать планетарную передачу. Так как с использованием планетарного редуктора гидравлическая лебедка будет иметь хорошее тяговое усилие, высокую скорость намотки. Так же планетарная передача имеет большое передаточное число в одной ступени. С планетарным редуктором лебедка будет иметь наименьшие габаритные размеры и массу, чем лебедка с червячным редуктором.

### 3. Расчетная часть

#### 3.1 Подбор планетарного механизма

Гидравлическая лебедка используется на мобильной буровой установке МБР 125, поэтому на основе этого комплекса я принял входные данные и произвел расчет планетарного редуктора.

Исходные данные:

$$P_{ДВ} = 354 \text{ кВт}; \quad \eta_{муф} = 0,98;$$

$$V_{КР} = 0,15 \text{ м/с}; \quad \eta_{тнк} = 0,99;$$

$$h_1 = 12,5; \quad \eta_{зм} = 0,87;$$

$$d_K = 28 \text{ мм}; \quad \eta_{нас} = 0,85.$$

Общее передаточное число привода:

Частоту вращения гидромотора примем 125 об/мин.

$$U_{прив} = \frac{n_{зм}}{n_{бар}} = 17,4 \quad (1)$$

Зная, общее передаточное число привода, подбираем планетарный редуктор типа АJ [13], передаточное число которого составляет 17.

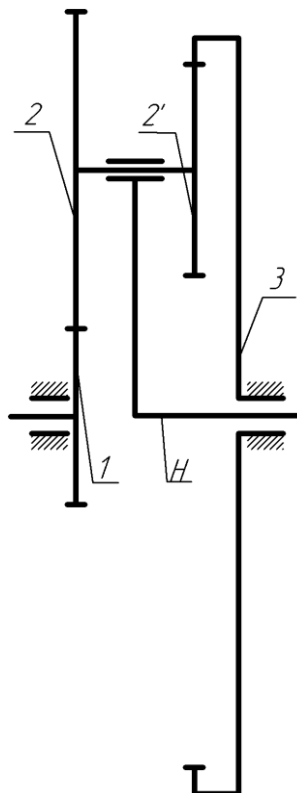


Рисунок 13 - планетарная передача типа АJ

Планетарная передача АJ состоит:

1 - солнечная шестерня;

2, 2' – сателлиты;

3 – коронная шестерня.

Зубчатое зацепление в этом редукторе внутреннее и внешнее. То есть солнечная шестерня 1 работает в зацеплении с сателлитом 2, а сателлит 2' – в зацеплении с коронной шестерней 3. [13]

### 3.2 Расчет чисел зубьев планетарного механизма

Исходные данные:

$$\begin{aligned}i_{1H} &= 17; \\ m_{1,2} &= 4; \\ m'_{2,3} &= 4.\end{aligned}$$

Определяем передаточное отношения обращенного механизма по [], и записывает в таблицу возможные варианты разложения.

$$i_{1,3} = 1 - i_{1H} = -16 \quad (2)$$

Таблица 2 - Варианты разложения обращенного механизма

№ варианта разложения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{C_2}{C_1} \times \frac{C_3}{C_2'}$	$\frac{1}{1} \times \frac{16}{1}$	$\frac{16}{1} \times \frac{1}{1}$	$\frac{4}{1} \times \frac{4}{1}$	$\frac{2}{1} \times \frac{8}{1}$	$\frac{8}{1} \times \frac{2}{1}$	$\frac{4}{1} \times \frac{16}{4}$	$\frac{16}{4} \times \frac{4}{1}$	$\frac{8}{4} \times \frac{16}{2}$	$\frac{16}{2} \times \frac{8}{4}$

В соответствии с рекомендацией варианты 1, 2, 5 и 9 должны быть исключены из рассмотрения.

Анализируем оставшиеся варианты:

$$\frac{P}{Q} = \frac{m_{2,3} \cdot (C_3 - C_2')}{m_{1,2} \cdot (C_1 - C_2)}; P + Q \frac{C_2}{C_1} \times \frac{C_3}{C_2'} \quad (3)$$

$$\frac{P_3}{Q_3} = \frac{4 \cdot (4-1)}{4 \cdot (1+4)} = \frac{12}{20}; P+Q = 32;$$

$$\frac{P_4}{Q_4} = \frac{4 \cdot (8-1)}{4 \cdot (1+2)} = \frac{28}{12}; P+Q = 40;$$

$$\frac{P_6}{Q_6} = \frac{4 \cdot (16-4)}{4 \cdot (1+4)} = \frac{48}{20}; P+Q = 68;$$

$$\frac{P_7}{Q_7} = \frac{4 \cdot (4-1)}{4 \cdot (4+16)} = \frac{12}{80}; P+Q = 92;$$

$$\frac{P_8}{Q_8} = \frac{4 \cdot (16-2)}{4 \cdot (4+8)} = \frac{56}{48}; P+Q = 104.$$

Полученные результаты записываем в таблицу

Таблица 3 - Результаты вариантов разложения

№ варианта разложения	3	4	6	7	8
P	12	28	48	12	56
Q	20	12	20	80	48
P+Q	32	40	68	92	104

Так как наименьшая сумма является у вариантов 3 и 4, и у варианта 7

отношение  $\frac{P}{Q}$  относительно других близко к единице, то далее рассматриваем

только их.

Для каждого варианта рассчитываем числа зубьев и габаритные размеры и выбираем подходящий, то есть выбираем наименьшие габаритные размеры.

И числа зубьев  $Z_1$  должны быть больше 17.

$$\begin{aligned} Z_1 &= C_1 \cdot P \cdot \gamma; \\ Z_2 &= C_2 \cdot P \cdot \gamma; \\ Z_{2'} &= C_{2'} \cdot Q \cdot \gamma; \\ Z_3 &= C_3 \cdot Q \cdot \gamma; \\ G_1 &= m_{1,2} \cdot (Z_1 + 2 \cdot Z_2); \\ G_2 &= m_{2,3} \cdot Z_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Приняв  $\gamma = 0,56$ , рассчитывает число зубьев и габаритные размеры для каждого варианта, и выбираем подходящий.

Для варианта № 3:

$$Z_1 = C_1 \cdot P_3 \cdot \gamma = 6,75;$$

$$Z_2 = C_2 \cdot P_3 \cdot \gamma = 27;$$

$$Z_{2'} = C_2 \cdot Q_3 \cdot \gamma = 11,25;$$

$$Z_3 = C_3 \cdot Q_3 \cdot \gamma = 45;$$

$$G_1 = m_{1,2} \cdot (Z_1 + 2 \cdot Z_2) = 243 \text{ мм};$$

$$G_2 = m_{2,3} \cdot Z_3 = 180 \text{ мм}.$$

Для варианта № 4:

$$Z_1 = C_1 \cdot P_4 \cdot \gamma = 15,75;$$

$$Z_2 = C_2 \cdot P_4 \cdot \gamma = 31,5;$$

$$Z_{2'} = C_2 \cdot Q_4 \cdot \gamma = 6,75;$$

$$Z_3 = C_3 \cdot Q_4 \cdot \gamma = 54;$$

$$G_1 = m_{1,2} \cdot (Z_1 + 2 \cdot Z_2) = 315 \text{ мм};$$

$$G_2 = m_{2,3} \cdot Z_3 = 216 \text{ мм}.$$

Для вариант № 7:

$$Z_1 = C_1 \cdot P_7 \cdot \gamma = 27;$$

$$Z_2 = C_2 \cdot P_7 \cdot \gamma = 108;$$

$$Z_{2'} = C_2 \cdot Q_7 \cdot \gamma = 45;$$

$$Z_3 = C_3 \cdot Q_7 \cdot \gamma = 180;$$

$$G_1 = m_{1,2} \cdot (Z_1 + 2 \cdot Z_2) = 972 \text{ мм};$$

$$G_2 = m_{2,3} \cdot Z_3 = 720 \text{ мм}.$$

Полученные результаты записываем в таблицу

Таблица 4 - результаты расчета

№	Сомножители				$Z_1$	$Z_2$	$Z_{2'}$	$Z_3$	Условие сборки	Габариты, мм	
	$C_1$	$C_2$	$C_{2'}$	$C_3$						$G_1$	$G_2$
3	1	4	1	4	6,75	27	11,25	45	Выполн.	243	180
4	1	2	1	8	15,75	31,5	6,75	54	Выполн.	315	216
7	4	16	1	4	27	108	45	180	Выполн.	972	720

По расчетам видно, что варианты 3 и 4 не удовлетворяют, так как число зубьев на коронные шестерни меньше 17, следовательно, берем вариант 7.

$$Z_1 = 27; Z_2 = 108; Z_{2'} = 45; Z_3 = 180.$$

Проверяем выполнение заданного передаточного отношения:

Принимаем  $n = 1$

$$i_{1H} = 1 - (-1)^n \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1 \cdot Z_{2'}} = 17 \quad (5)$$

Заданное передаточное отношение выполняется.

Проверяем выполнение условия соосности:

$$\begin{aligned}m_{1,2} \cdot (Z_1 \cdot Z_2) &= m_{2,3} \cdot (Z_3 - Z_{2'}); \\m_{1,2} \cdot (Z_1 \cdot Z_2) &= 540; \\m_{2,3} \cdot (Z_3 - Z_{2'}) &= 540.\end{aligned}\tag{6}$$

Условие соосности выполняется.

Проверяем условие сборки:

$$\begin{aligned}K_{2,2'} &= 3; D_{22'} = 2. \\E &= \frac{Z_1 \cdot Z_{2'} + Z_2 \cdot Z_3}{K_{2,2'} \cdot D_{22'}} = 1530.\end{aligned}\tag{7}$$

где  $K_{2,2'}$  - количество сателлитов;

$D_{22'}$  - наибольший общий делитель чисел зубьев сателлитов.

Условие сборки выполняется, так как получилось целое число

Условие соседства не проверяем, поскольку отношения  $\frac{C_2}{C_1}$  и  $\frac{C_3}{C_2}$  взяты

в пределах рекомендуемых значений. [13, 6.5]

### 3.3 Расчет планетарного редуктора

Для определения необходимой мощности барабана следует перевести грузоподъемность установки в Ньютоны, что следует 100 тонн = 889644 Н.

Определил диаметр барабана, на который наматывается трос:

$$D_{\sigma} = h_1 \cdot d_K = 350 \text{ мм};\tag{8}$$

Где:  $h_1$  - значение коэффициента выбора диаметра троса; [12]

$d_K$  - диаметр троса.

Следуя пунктам данного источника [13], нужно округлить значение диаметра барабана в большую сторону, принял диаметр барабана 400 мм.

Далее определяем частоту вращения барабана:

$$n_{\text{бар}} = \frac{6 \cdot 10^4 \cdot V_{KP}}{\pi \cdot D_{\sigma}} = 7,162 \text{ об/мин};\tag{9}$$

где  $V_{KP}$  - скорость подъема крюка.

1. Рассчитываем мощности, потребляемые на каждую часть привода.

$$\begin{aligned}
P_{\text{бвых}} &= F \cdot V_{\text{КР}} = 133,4 \text{ кВт}; \\
P_{\text{бвх}} &= \frac{P_{\text{бвых}}}{\eta_{\text{муф}}} = 136,2 \text{ кВт}; \\
P_{\text{рвых}} &= \frac{P_{\text{бвх}}}{\eta_{\text{пнк}}} = 137,5 \text{ кВт}; \\
P_{\text{рвх}} &= \frac{P_{\text{рвых}}}{\eta_{\text{пнк}}} = 138,9 \text{ кВт}; \\
P_{\text{змвых}} &= \frac{P_{\text{рвх}}}{\eta_{\text{зм}}} = 159,7 \text{ кВт}; \\
P_{\text{змвх}} &= P_{\text{змвых}} = 159,7 \text{ кВт}; \\
P_{\text{нвых}} &= \frac{P_{\text{змвх}}}{\eta_{\text{нас}}} = 187,9 \text{ кВт}; \\
P_{\text{нвх}} &= \frac{P_{\text{нвых}}}{\eta_{\text{муф}}} = 191,7 \text{ кВт}.
\end{aligned}
\tag{10}$$

где:  $\eta_{\text{муф}}$  - коэффициент полезного действия муфты;

$\eta_{\text{пнк}}$  - коэффициент полезного действия пар подшипников;

$\eta_{\text{зм}}$  - коэффициент полезного действия гидравлического мотора;

$\eta_{\text{нас}}$  - коэффициент полезного действия гидравлического насоса;

$P_{\text{бвх}}$  - входная мощность барабана;

$P_{\text{рвых}}$  - мощность редуктора на выходном валу;

$P_{\text{рвх}}$  - мощность редуктора на входе;

$P_{\text{змвых}}$  - мощность гидромотора на выходе;

$P_{\text{змвх}}$  - мощность гидромотора на входе;

$P_{\text{нвых}}$  - мощность гидравлического насоса на выходе;

$P_{\text{нвх}}$  - мощность гидравлического насоса на входе.

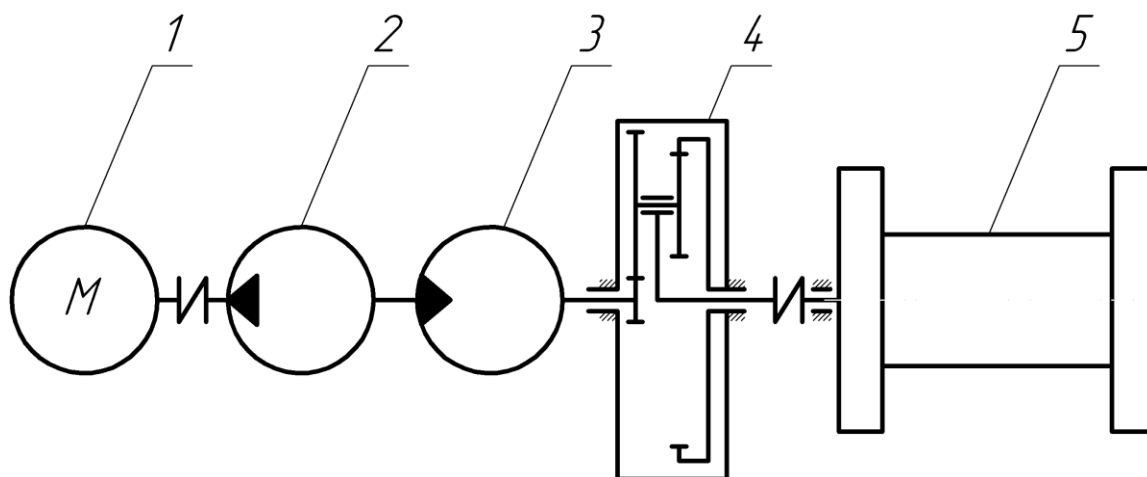


Рисунок 14 - Привод лебедки

- 1 - двигатель;
- 2 - гидравлический насос;
- 3 - гидравлический мотор;
- 4 - планетарный редуктор типа АJ ;
- 5 - барабан.

По расчетам мощностей был подобран нерегулируемый аксиально-поршневой гидравлический мотор МГ 50 и насос типа 50 НРР 250 Г.

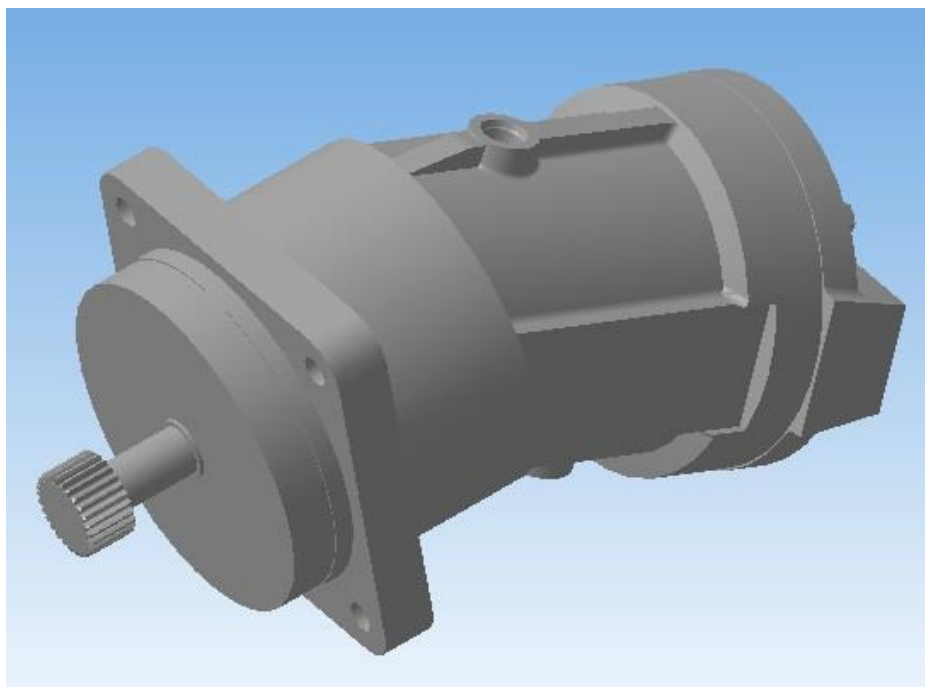


Рисунок 15 - Нерегулируемый аксиально-поршневой гидромотор МГ 50

2. Определим частоту вращения выходного вала с водилом и угловые скорости.



Принял частоту вращения гидромотора  $n_{эм'} = 500$  об/мин.

$$\begin{aligned}n_1 &= n_{эм'} = 500 \text{ об / мин}; \\n_2 &= \frac{n_1}{U_{прив}} = 28,6 \text{ об / мин}; \\ \omega_1 &= \frac{\pi \cdot n_1}{30} = 52,36 \text{ с}^{-1}; \\ \omega_2 &= \frac{\pi \cdot n_2}{30} = 3 \text{ с}^{-1}.\end{aligned}\tag{11}$$

3. Определяем крутящиеся моменты на входе и выходе редуктора.

$$\begin{aligned}T_1 &= \frac{P_{рвх}}{\omega_1} = 2,6 \text{ кНм}; \\ T_1 &= \frac{P_{рвбх}}{\omega_2} = 45,85 \text{ кНм};\end{aligned}\tag{12}$$

4. Выбираем материал для солнечной шестерни и сателлитов сталь 30 ХГТ, поверхностная закалка. Твердость составляет 60 HRC.

Допускаемое контактное напряжение:

$$\begin{aligned}K_{HL1} &= 1; & S_{H1} &= 1,3; \\ K_{HL2} &= 1; & S_{H2} &= 1,3;\end{aligned}$$

Для солнечной шестерни:

$$\sigma_{HP1} = \frac{\sigma_{Hlimb1} \cdot K_{HL1}}{S_{H1}} = 995,07 \text{ МПа};\tag{13}$$

$$\sigma_{Hlimb1} = 18 \cdot HRC + 150 = 1176 \text{ МПа}$$

Для сателлитов:

$$\sigma_{HP2} = \frac{\sigma_{Hlimb2} \cdot K_{HL2}}{S_{H2}} = 995,07 \text{ МПа};\tag{14}$$

$$\sigma_{Hlimb2} = 18 \cdot HRC + 150 = 1176 \text{ МПа}$$

где  $\sigma_{Hlimb}$  - предел контактной выносливости зубьев, соответствующий базовому числу циклов перемен напряжений, определяется в зависимости от марки стали и ее химико-термической обработки;

$S_H$  - коэффициент безопасности;

$K_{HL}$  - коэффициент долговечности.

Допускаемое напряжение изгиба:

$$S_{F1} = 1,65; \quad K_{FL1} = 1,1; \quad K_{FC1} = 1;$$

$$S_{F2} = 1,65; \quad K_{FL2} = 1,1; \quad K_{FC2} = 1-0,35;$$

Для солнечной шестерни:

$$\sigma_{FP1} = \frac{\sigma_{Flimb1} \cdot K_{FL1} \cdot K_{FC1}}{S_{F1}} = 874 \text{ МПа}; \quad (15)$$

$$\sigma_{Flimb1} = 23 \cdot HRC = 1311 \text{ МПа}$$

Для сателлитов:

$$\sigma_{FP2} = \frac{\sigma_{Flimb2} \cdot K_{FL2} \cdot K_{FC2}}{S_{F2}} = 568,1 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{Flimb2} = 23 \cdot HRC = 1311 \text{ МПа}$$

где  $\sigma_{Flimb}$  - предел выносливости зубьев при изгибе, соответствующий базовому числу циклов перемен напряжений, определяется в зависимости от марки стали и ее химико-термической обработки;

$S_F$  - коэффициент, учитывающий способ получения заготовки зубчатого колеса;

$K_{FL}$  - коэффициент долговечности;

$K_{FC}$  - коэффициент, учитывающий влияние двухстороннего приложения нагрузки.

5. Определяем межосевое расстояние между солнечной шестерней и сателлитами

$$Z_1 = 27; \quad Z_2 = 45; \quad K_w = 1,15; \quad \psi_{ba} = 0,25; \quad U' = 4; \quad Y_\beta = 1;$$

$$Z_2 = 108; \quad Z_3 = 180; \quad n_w = 2,3; \quad K_H = 1; \quad Y_F = 3,8; \quad Y_\varepsilon = 1.$$

$$a_w = 495 \cdot (U' + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot T_1 \cdot k_w}{\psi_{ba} \cdot U' \cdot n_w \cdot \sigma_{HP1}^2}} = 272,85 \text{ мм}; \quad (16)$$

Принимаем из стандартного ряда межосевое расстояние 270 мм.

где  $U' = \frac{Z_2}{Z_1} = 4$  - передаточное число рассчитываемой пары колес;

$k_w$  - коэффициент неравномерности распределения нагрузки между сателлитами;

$T_1$  - вращающий момент на валу ведущей центральной шестерни;

$n_w$  - число сателлитов;

$\psi_{ba}$  - коэффициент ширины венца колеса;

$K_H$  - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения

нагрузки по ширине венца.

6. Найдем модуль зацепления

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot T_2 \cdot Y_F \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon \cdot K_{F\beta}}{n_w \cdot Z_2 \cdot \psi_{ba} \cdot \sigma_{FP2}}} = 3,65 \quad (17)$$

Примем по ГОСТ 9563-60 модуль 4.

где  $Y_F$  - коэффициент формы зуба;

$Y_\beta$  - коэффициент для компенсации погрешности;

$T_2$  - вращающий момент на выходном валу;

$Y_\varepsilon$  - коэффициент, учитывающий влияние шлифования переходной поверхности зуба;

$K_{F\beta}$  - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по длине контактных линий.

Ширина зубчатых колес:

$$B = a_w \cdot \psi_{ba} = 67,5 \text{ мм.} \quad (18)$$

Примем 68 мм.

7. Геометрический расчет передачи

Для солнечной шестерни:

$$\begin{aligned} d_1 &= m \cdot Z_1 = 108 \text{ мм;} \\ d_{a1} &= d_1 + 2 \cdot m = 116 \text{ мм;} \\ d_{f1} &= d_1 - 2,5 \cdot m = 98 \text{ мм;} \end{aligned} \quad (19)$$

Для сателлитов:

$$\begin{aligned} d_2 &= m \cdot Z_2 = 432 \text{ мм;} & d_{2'} &= m \cdot Z_{2'} = 180 \text{ мм;} \\ d_{a2} &= d_2 + 2 \cdot m = 440 \text{ мм;} & d_{a2'} &= d_{2'} + 2 \cdot m = 188 \text{ мм;} \\ d_{f2} &= d_2 - 2,5 \cdot m = 422 \text{ мм;} & d_{f2'} &= d_{2'} - 2,5 \cdot m = 170 \text{ мм;} \end{aligned}$$

Для коронной шестерни:

$$d_3 = m \cdot Z_3 = 720 \text{ мм};$$

$$d_{a3} = d_3 + 2 \cdot m = 712 \text{ мм};$$

$$d_{f3} = d_3 - 2,5 \cdot m = 730 \text{ мм};$$

Проверка межосевых расстояний:

$$a_{12} = a_{32};$$

$$a_{12} = \frac{d_1 + d_2}{2} = 270 \text{ мм}; \quad (20)$$

$$a_{12} = \frac{d_3 + d_2}{2} = 270 \text{ мм};$$

Равенство выполняется.

## 8. Проверочный расчет зубчатой передачи.

Определяем контактное напряжение:

$$\sigma_H = \frac{310}{a_w} \cdot \sqrt{\frac{T_1 \cdot (U' + 1)^3 \cdot K_H \cdot 1000}{B \cdot U' \cdot n_w}} = 940,27 \text{ МПа}. \quad (21)$$

где  $B$  - ширина зубчатого венца;

$a_w$  - межосевое расстояние.

$\sigma_H < \sigma_{HP}$  - условие выполняется

## 9. Проверочный расчет зубьев на выносливость при изгибе.

$$Y_{F1} = 3,78; \quad K_{F\alpha} = 1;$$

$$Y_{F2} = 3,55; \quad K_{F\beta} = 1,09.$$

Найдем окружную скорость:

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{1000 \cdot 60} = 2,827 \text{ м/с} \quad (22)$$

где  $d_1$  - делительный диаметр солнечной шестерни.

Для степени точности 7, принимаем  $K_{FV} = 1,13$

$$K_F = K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV} = 1,232$$

$$F_t = \frac{2 \cdot T_2}{d_1} = 509 \text{ кН}. \quad (23)$$

Определим напряжение изгиба:

$$\sigma_{F1} = \frac{Y_{F1} \cdot F_t \cdot K_F}{B \cdot m \cdot d_1} = 80,74 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F2} = \frac{\sigma_{F1} \cdot B \cdot Y_{F2}}{B \cdot Y_{F1}} = 75,827 \text{ МПа}$$
(24)

$\sigma_{F1} < \sigma_{FP1}$ ;  
 $\sigma_{F2} < \sigma_{FP2}$ . - условия выполняются.

## 10. Усилия в зацеплении

Окружные силы в зацеплении

$$P_{12} = \frac{2 \cdot T_2}{d_1 \cdot n_w} = 369,15 \text{ Н};$$

$$P_{12} = P_{21} = P_{24} = P_{42}.$$
(25)

Радиальные усилия в зацеплении

$$P_r = P_{12} \cdot \tan\left(\alpha \cdot \frac{\pi}{180}\right) = 136,36 \text{ Н}.$$
(26)

Нагрузка на ось сателлита

$$P_{2H} = 2 \cdot P_{12} = 738,3 \text{ Н}.$$
(27)

## 11. Расчет оси сателлита

Примем зазор между солнечным колесом и водилом  $\Delta_2 = 10$ , находим длину пролета:

$$l = 2 \cdot B + 2 \cdot \Delta_2 = 156 \text{ мм}.$$
(28)

Найдем изгибающий момент в середине пролета:

$$M = \frac{P_{2H} \cdot l}{8} = 14,4 \text{ кНм}.$$
(29)

Принимаем для оси сталь 45 нормализованную с  $\sigma_T = 300 \text{ МПа}$ , учитывая значительные толчки, берем повышенный коэффициент запаса  $[n_T] = 2,5$ .

$$\sigma_H = \frac{\sigma_T}{n_T} = 120 \text{ МПа}.$$
(30)

Требуемый диаметр оси:

$$D_o = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot \sigma_H}} = 10,69 \text{ мм}.$$
(31)

В процессе проектирования, при подборе шариковых подшипников качения, был принят диаметр оси 20 мм.

## 12. Расчет ведомого вала

Ведомый вал – вал водила – при трех сателлитах работает только на кручение. Диаметр выходного вала равен:

$$D_{\text{вых}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_2}{\pi \cdot t_K \cdot 10^6}} \cdot 1000 = 157 \text{ мм.} \quad (32)$$

Примем  $D_{\text{вых}} = 160 \text{ мм}$ ;  $D_{\text{выхход}} = 170 \text{ мм}$ ;  $D_{\text{выхбур}} = 180 \text{ мм}$ . [15]

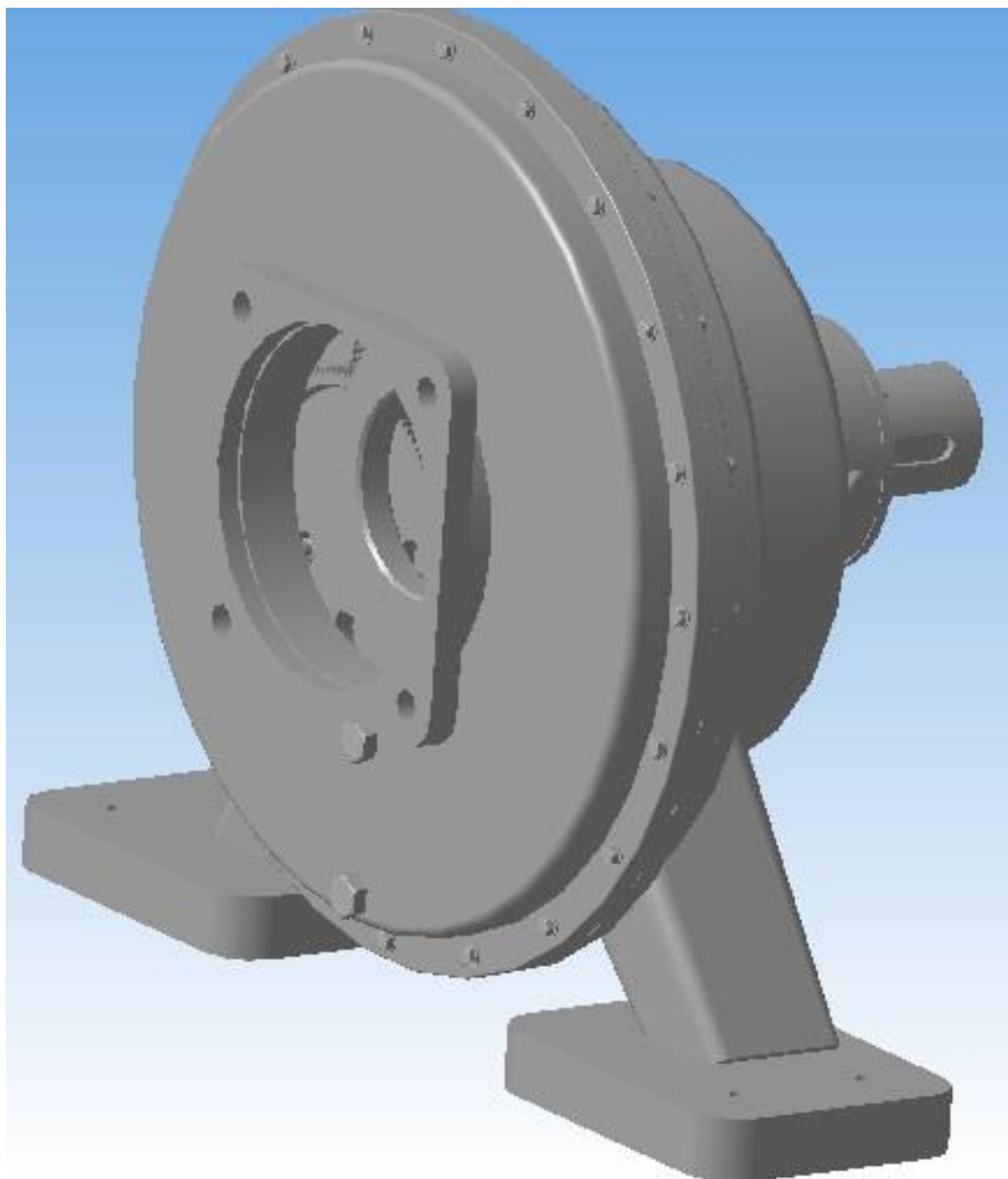


Рисунок 16 - Двухрядный планетарный редуктор

### **3.4 Результаты проведённого исследования**

В ходе исследования было выявлено, что гидравлическую лебедку приоритетней использовать с планетарным редуктором. Так как у него плавность хода и долговечность работы выше, чем у червячного редуктора, притом червячный редуктор, имеет свойство нагреваться в зацеплении колес, при подъеме больших грузов, что влияет на уменьшение скорости подъема веса и на долговечность работы.

В результате расчетов был рассчитан планетарный двухрядный редуктор с прямым зацеплением зубьев, при том у редуктора отсутствует входной вал. К корпусу редуктора на основе фланцевого соединения присоединяется гидравлический двигатель с выходящим валом-шестерней, который и приводит в движения сателлиты, расположенные вокруг солнечной шестерни.

В результате моделирования была разработана 3D модель данного редуктора с гидравлическим двигателем, выходной вал редуктора приводит в движение барабан лебедки, на который наматывается трос, вал редуктора и барабана соединены муфтой, которая передает крутящий момент.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4ЕЗ1	Жигареву Дмитрию Александровичу

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТИМ</b>
Уровень образования	бакалавриат	Направление/профиль	15.03.02 Технологические машины и оборудование, профиль/ Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску; стоимость интернета – 360 руб. в месяц.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Учитываются следующие нормы и нормативы оплат труда: 30 % премии 20 % надбавки 30% районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая система н/о с учетом льгот для учреждений 27,1% отчисления во внебюджетные фонды

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1.определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования; 2.оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований; 3.определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Структура работ в рамках научного исследования. 2. Определение трудоемкости выполнения работ. 3. Разработка графика проведения научного исследования. 4. Бюджет научно-технического исследования. 5. Основная заработная плата исполнительской темы. 6. Дополнительная заработная плата исполнительской темы. 7. Отчисление во внебюджетные фонды. 8. Накладные ресурсы.



	9. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. оценка конкурентоспособности технических решений; 2. матрица SWOT; 3. определение возможных альтернатив проведения научных исследований; 4. альтернативы проведения НИ; 5. график проведения и бюджет НИ.	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.05.2017 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антонова И.С.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Жигарев Дмитрий Александрович		

## 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение




### 4.1. Потенциальные потребители результатов исследования.

Продукт: Гидравлическая лебедка с планетарным редуктором для мобильных буровых установок.

Целевой рынок: нефтяные и газовые компании.

		Вид исследования лебедки		
		Расчет и подбор гидравлической лебедки	3D модель и анализ работы гидравлической лебедки	Конструирование лебедки
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Таблица 5 – целевой рынок

 - «Сургутнефтегаз»  - «Томскнефть»  - «Дагнефтегаз»

В различных исследованиях лебедки с гидравлическим приводом на основе планетарного редуктора нуждаются в основном крупные компании, так как такую лебедку можно устанавливать на мобильных буровых установках, которые могут сами передвигаться, своим ходом по месторождениям. Гидравлическая лебедка имеет большую грузоподъемность и способность к перегрузкам, то есть по сравнению с другими приводами она приоритетнее всего. Крупным компаниям важен расчет и подбор гидролебедки, так как каждое месторождение требует к себе различные характеристики: окружающие условия среды, глубина скважины, местность. Для каждой скважины используют оборудование с разными техническими характеристиками.

3D модель имеет не мало важную роль для конструирования лебедки, так как при создании трехмерной модели, в специальных программах, типа SolidWorks, можно нагрузить саму лебедку, то есть дать вес на крюк лебедки,

и посмотреть, как она себя будет вести при больших нагрузках, выдержит ли трос, не оборвет ли его. На основе расчетов и трехмерной модели ведется конструирование, учитываются факторы максимальной грузоподъемности, подбирают соответствующий материал для изготовления.

#### **4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Срок службы	0,13	2	2	3	0,26	0,26	0,39
2. Ремонтопригодность	0,1	3	2	2	0,3	0,2	0,2
3. Надежность	0,12	2	4	2	0,24	0,48	0,24
4. Простота ремонта	0,1	4	3	4	0,4	0,3	0,4
5. Удобство в эксплуатации	0,08	3	4	2	0,24	0,32	0,16
6. Уровень шума	0,11	3	3	4	0,33	0,33	0,44

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	2	4	3	0,06	0,12	0,09
2. Уровень проникновения на рынок	0,08	3	4	2	0,24	0,32	0,16
3. Цена	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	2	4	4	0,14	0,28	0,28
5. Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
6. Наличие финансирования	0,02	4	2	3	0,08	0,04	0,06
Итого	1	36	39	35	2,93	3,19	2,9

$B_{\Phi}$  – Применение однорядного планетарного редуктора;

$B_{k1}$  – Применение двухрядного планетарного редуктора;

$B_{k2}$  – Применение другого вида механизма.

По таблице 1 видно, что наиболее эффективно использовать двухрядный планетарный редуктор, так же он является наиболее конкурентоспособным к другим видам, так как обладает рядом преимуществ, он способен выдавать большие крутящие моменты, при этом имеет малые габаритные размеры, что важно на рынке.

$$k1 = \frac{B_{\Phi}}{B_{k1}} = \frac{36}{39} = 0,9; \quad k2 = \frac{B_{k2}}{B_{k1}} = \frac{35}{39} = 0,89 \quad (33)$$

#### 4.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной

информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (табл. 2).

Таблица 7 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1: Простота механизма;</p> <p>С2: Использование планетарного редуктора;</p> <p>С3: Использование 3D моделирования;</p> <p>С4: Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1: Ненадежность механизма;</p> <p>Сл2: Недостаточная грузоподъемность;</p> <p>Сл3: Внутренние производственные проблемы;</p> <p>Сл4: Отставание в области исследования и разработок.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1: Сотрудничество с изготовителями гидравлических лебедок;</p>		

<p><b>В2:</b> Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p><b>В3:</b> Повышение стоимости конкурентных разработок;</p> <p><b>В4:</b> Использование других видов редукторов.</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p><b>У1:</b> Отсутствие спроса на новые производства;</p> <p><b>У2:</b> Снижение бюджета на разработку;</p> <p><b>У3:</b> Высокая конкуренция в данной отрасли.</p>		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 2, табл. 3, табл. 4, табл. 5.

Таблица 8 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
		B1	-	+	-

	B2	-	-	+	+
	B3	-	0	0	-
	B4	-	0	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C2, B2C3C4, B4C3.

Таблица 9 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	+	-	-
	B2	0	-	-	-
	B3	-	-	0	-
	B4	0	+	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1Сл2, B4Сл2, B4Сл4.

Таблица 10 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	0	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	0	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У3С4.

Таблица 11 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	

	У2	0	-	-	+
	У3	-	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1Сл2, У2Сл4, У3Сл3.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (табл. 7).

Таблица 12 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны</b></p> <p><b>научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1: Простота механизма;</p> <p>С2: Использование планетарного редуктора;</p> <p>С3: Использование 3D моделирования;</p> <p>С4: Наличие бюджетного финансирования.</p>	<p><b>Слабые стороны</b></p> <p><b>научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1: Ненадежность механизма;</p> <p>Сл2: Недостаточная грузоподъемность;</p> <p>Сл3: Внутренние производственные проблемы;</p> <p>Сл4: Отставание в области исследования и разработок.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1: Сотрудничество с изготовителями гидравлических лебедок;</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <p>В1С2 – позволяет использовать</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <p>В1Сл2 – изготови-</p>



<p>В2: Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В3: Повышение стоимости конкурентных разработок;</p> <p>В4: Использование других видов редукторов.</p>	<p>планетарный редуктор на гидравлических лебедках.</p> <p>В2С3С4 – при использовании инфраструктуры ТПУ можно создавать 3D модели при бюджетном финансировании.</p> <p>В4С3 – при помощи программ, можно создать и рассчитать другой механизм.</p>	<p>тель может решить проблему с низкой грузоподъемностью путем применения других материалов и технологий, повышающих КПД лебедки.</p> <p>В4Сл2Сл4 – при использовании других редукторов, лебедка может быть не очень надежной, что приводит к отставанию в области разработок.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1: Отсутствие спроса на новые производства;</p> <p>У2: Снижение бюджета на разработку;</p> <p>У3: Высокая конкуренция в данной отрасли.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <p>У3С1 – из-за простоты конструкции и работы с ним, есть возможность найти нишу на рынке лебедок.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <p>У1Сл1Сл2 – возможно отсутствие спроса из-за недостаточных характеристик данного оборудования.</p> <p>У2Сл4 – возможно снижение бюджета на разработку вследствие</p>

		устаревших технологий.
--	--	------------------------

#### **4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.**

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы исследования: предложить новую эффективную конструкцию устройства для спускоподъемных операций – лебедки.

2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица. Результаты морфологической матрицы для гидравлической лебедки приведен в табл. 7.

Таблица 13 - Морфологическая матрица для лебедки

	1	2	3	4
А. Привод	Ручной	Электрический	ДВС	Гидравлический
Б. Тяговый орган	Канатная	Цепная	Без тягового органа	
В. Тип установки	Стационарная	Передвижная		
Г. Число барабанов	Один	Два	Три	
Д. Тип барабана	Нарезные	Гладкие	Фрикционные	

Е. Тип мотора	Электрический	Гидравлический	Механический	
Ж. Тип операций	Тяговые	Буровые	Маневровые	Скреперные
З. Конструкция передачи	Червячные	Планетарные	Гидравлические	Цилиндрические
И. Тип тормоза	Ленточные	Дисковые	Вакуумные	Без тормозов

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. На этом этапе описываются возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения. Можно предложить Предложены следующие варианты: А1Б1В2Г1Д2Е3Ж1З5И1; А2Б2В2Г3Д1Е2Ж2З2И1; А3Б2В1Г1Д3Е3Ж1З1И2.

#### **4.5 Планирование научно-исследовательских работ**

##### **Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке: - определение структуры работ в рамках научного исследования; - определение участников каждой работы; - установление продолжительности работ; - построение графика проведения научных исследований. Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок

составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 8.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка тех. задания	1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель проекта
	3	Согласование материалов по теме	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель проекта
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель проекта
	6	Проектирование 3D модели планетарного редуктора	Исполнитель проекта
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель проекта
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель проекта

### **Определение трудоемкости выполнения работ**

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожi}$  используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (34)$$

где  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{минi}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{маxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i} \quad (35)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### **Разработка графика проведения научного исследования**

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (36)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (37)$$

где  $T_{\text{кал}} = 365$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 51$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 51 - 14} = 1,22$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в табл. 15.

Таблица 15 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , Чел - дни	$t_{\text{max}}$ , Чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , Чел -дни			

Составление и утверждение тех. задания	1	3	1,8	Руководитель	2	2
Согласование материалов по теме	5	8	6,2	Руководитель	6	8
Календарное планирование работ по теме	3	6	4,2	Руководитель Исполнитель ь проекта	2	5
Подбор и изучение материалов по теме	10	15	12	Исполнитель ь проекта	12	15
Проведение теоретических расчетов и обоснование	6	18	10	Исполнитель ь проекта	10	12
Проектирование 3D модели планетарного редуктора	3	12	6,6	Исполнитель ь проекта	7	8
Оценка результатов исследования	3	5	3,8	Руководитель, Исполнитель ь проекта	2	5

Составление пояснительной записки	7	16	11, 4	Руководитель, Исполнитель Б проекта	6	9
-----------------------------------	---	----	-------	---	---	---

На основе таблицы 15 строим план график, представленный в таблице 16.

Таблица 16 - Календарный план график проведения НИР по теме

№ п/п	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кп</sub> , кал. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		Март			Апрель			Май					
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение тех. задания	Р	3	■													
2	Подбор и изучение материалов по теме	Д	18	□													
3	Согласование материалов по теме	Р	9			■											
4	Календарное планирование работ по теме	Р, Д	3				■	□									
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Д	15					□									
6	Проектирование 3D модели планетарного редуктора	Д	10						□								
7	Оценка результатов исследования	Р, Д	3,8									■	□				





Таблица 17 - Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	1,8	930	1674
2	Выбор направления исследований	Руководитель	6,2	930	5766
3	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель проекта	12	50	1100
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель проекта	4,2	700	2940
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель проекта	10	800	8000
6	Проектирование 3D модели	Исполнитель проекта	6,6	80	528

	планетарного редуктора				
7	Оценка результатов исследования	Руководите ль, Исполнител ь проекта	7,8	1000	7800
8	Составление пояснительно й записки	Руководите ль, Исполнител ь проекта	11,4	1000	11400
Итого:					39208

Настоящая статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (39)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн} , \quad (40)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51180 \cdot 10,4}{199} = 2674 \text{ руб.}$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 18 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 23264 \cdot (1 + 0,3 + 0,5) \cdot 1,3 = 51180 \text{ руб.},$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для

предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

Таблица 19 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З <sub>тс</sub> , тыс. руб.	к <sub>пр</sub>	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , тыс. руб.	З <sub>дн</sub> , тыс. руб.	Т <sub>р</sub> , раб. дн.	З <sub>осн</sub> , тыс. руб.
Руководитель	23264	0,3	0,5	1,3	51180	2674	21	56154
Исполнитель проекта	14000	0	0	1,3	18200	118	48	5664
Итого:								61818

### **Дополнительная заработная плата исполнителей темы**

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 56154 = 7300 \text{ руб}; \quad (41)$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 5664 = 736 \text{ руб},$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

### **Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (56154 + 7300) = 17196 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 20 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1	
Руководитель	56154	7300
Исполнитель проекта	5664	736
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Исполнение 1	17196	

### **Накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16$$

$$= (61180 + 7300 + 17196) \cdot 0,16 = 13708 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### **Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 21 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	61818	
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7300	
3. Отчисления во внебюджетные фонды	17196	
4. Затраты на покупку компьютера	26000	
5. Накладные расходы	13708	16% от суммы 1-2
6. Бюджет затрат НТИ	126022	Сумма ст. 1-5

#### 4.6 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{126022}{126022} = 1, \quad (42)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  - максимальная стоимость исполнения

научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (43)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.



Таблица 22 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Однорядный планетарный редуктор	Другой вид редуктора	Двухрядный планетарный редуктор
1. Безопасность	0,1	4	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	3	4	4
3. Срок службы	0,15	3	3	5
4. Ремонтопригодность	0,20	3	5	5
5. Надёжность	0,25	4	4	4
6. Материалоёмкость	0,15	4	3	5
Итого:	1	3,5	3,9	4,6

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6.$$

$$I_p = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 3,9. \quad (44)$$

$$I_p = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

По расчетам видно следующее, что самый наибольший коэффициент интегральности является у двухрядного планетарного редуктора.

Таким образом, двухрядный планетарный редуктор остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НИИ равный 126022 руб. основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

Данный раздел выполнялся на основе рекомендаций [17].

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ЕЗ1	Жигареву Дмитрию Александровичу

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочее место – мобильная буровая установка для бурения и ремонта скважин МБР – 125.</p> <p>Оборудование: привод гидравлической лебедки.</p> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума;</li> <li>– повышенный уровень вибрации.</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности;</li> <li>– пожароопасность.</li> </ul> <p>Воздействие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– загрязнение атмосферы;</li> <li>– загрязнение гидросферы;</li> <li>– загрязнение литосферы.</li> </ul> <p>Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обрыв троса.</li> </ul>
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация</p> <p>ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования</p> <p>ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования</p>

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Физико-химическая природа вредных веществ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенный уровень шума;</li> <li>– повышенный уровень вибрации.</li> </ul> <p>Действие факторов на организм человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышение кровяного давления;</li> <li>– ухудшение внимательности и памяти;</li> <li>– снижение остроты зрения и слуха;</li> <li>– замедление скорости реакции;</li> <li>– быстрое утомление.</li> </ul> <p>Средства коллективной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– звукоизолирующие кожухи.</li> </ul> <p>Средства индивидуальной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– противошумные наушники;</li> <li>– противошумные вкладыши;</li> <li>– беруши.</li> </ul>
--	--

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность</li> <li>– (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Источник опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разрыв троса;</li> <li>– износ подшипников.</li> </ul> <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– своевременные проверки;</li> </ul> <p>Причины проявления опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– большие нагрузки на трос;</li> <li>– перетираание троса.</li> </ul> <p>Причины пожаров:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разлив масла;</li> </ul> <p>Профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучение пожарной ТБ;</li> <li>– контроль оборудования.</li> </ul> <p>Виды пожаротушения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– водяное орошение аппаратов колонного типа;</li> <li>– наружное пожаротушение от пожарных гидрантов;</li> <li>– внутреннее пожаротушение от пожарных кранов;</li> <li>– автоматическое пенное пожаротушение;</li> <li>– автоматическое газовое пожаротушение.</li> </ul>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Воздействие на атмосферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– выбросы газов двигателя внутреннего сгорания.</li> </ul> <p>Воздействие на гидросферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– отработанное масло.</li> </ul> <p>Воздействие на литосферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– старое оборудование.</li> </ul>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Наиболее типичная ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– обрыв троса</li> </ul> <p>ЧС может случиться из-за:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Долгая эксплуатация троса без своевременных проверок;</li> <li>– Усталостные напряжения, что со временем приводит к разрыву;</li> <li>– Придание тросу больших нерассчитанных нагрузок;</li> <li>– Механический износ, из-за многократной навивки троса на барабан лебедки.</li> </ul> <p>В случае возникновения данной аварийной ситуации необходимо действовать согласно инструкции, предписанной данному предприятию на случай возникновения ЧС.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 10-611-03 "Правила безопасности в подъемных установках"</p> <p>Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные</p>

	<p>безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.</p> <p>К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.</p> <p>Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:</p> <p>1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ);</p> <p>2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);</p> <p>3) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).</p>
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.05.2017г
--	-------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Невский Е. С.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ЕЗ1	Жигарев Дмитрий Александрович		

## **5. Социальная ответственность**

### **Введение**

В ВКР разрабатывается привод для гидравлической лебедки, которая используется в мобильной буровой установке МБР – 125. В состав привода входит двигатель внутреннего сгорания, аксиально-поршневой насос и гидромотор МГ 915, планетарный редуктор и барабан с наматываемым тросом.

### **5.1 Анализ вредных факторов производственной среды**

При работе гидромотора, предназначенный для преобразования энергии жидкости в механическую энергию, которая в свою очередь приводит в движение входной вал планетарного редуктора.

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные факторы производства» можно выделить следующие *вредные факторы* производственной среды на мобильной буровой установке МБР – 125 при работе с гидравлической лебедкой:

- повышенный уровень шума, который исходит при работе гидравлической лебедки;
- повышенный уровень вибрации, которая может быть из-за неисправности работы системы.

### **Шум и вибрация**

Источниками гидродинамического шума могут служить явления, которые связанные с асимметрией корпуса, дисбалансом каких-либо вращающихся деталей, кавитация. Гидродинамический шум возникает в результате пульсации давления при движения рабочей жидкости, вызываемого турбулентным перемешиванием движущихся с разными скоростями в свободных струях потоков и турбулизацией потока у границ обтекаемого тела. Так же источником шума может являться вибрация корпуса гидромотора и насоса.

Основными причинами появления шума в гидравлической системе являются следующие: создание вакуумных зон в насосах и гидромоторах, стук клапанов, резкое изменение диаметра труб и т.д.

Шум ухудшает условия труда и может оказывать вредное влияние на организм рабочего, который находится вблизи источника шума. При длительном нахождении рядом с источником шума, могут происходить неблагоприятные явления:

- повышается кровяное давление;
- ухудшается внимательность и память;
- снижается острота зрения и слуха;
- замедляется скорость реакции;
- происходит быстрое утомление.

При долгой продолжительности шума, в организме может происходить изменение сердечно-сосудистой и нервной системы, что приводит к сердечному заболеванию и повышенной нервозности.

В таблице указаны предельные уровни шума и категории напряженности и тяжести труда. Эксплуатация гидравлической лебедки на МБР – 125 относится к средней категории тяжести труда и к напряженной категории труда. По ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» допустимый уровень шума на рабочем месте газоперекачивающего агрегата составляет 60 дБ.

Таблица 23 – Предельные уровни звука, дБ

Категория напряженности	Категория тяжести труда			
	I. Легкая	II. Средняя	III. Тяжелая	IV. Очень тяжелая
I. Мало напряженный	80	80	75	75

II. Умеренно напряженный	70	70	65	65
III. Напряженный	60	60	-	-
IV. Очень напряженный	50	50	-	-

Однако при работе уровень шума уже является 67 дБ.

Согласно ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» привод гидравлической лебедки, возможно применение звукоизолирующего кожуха. Для борьбы с шумом используют звукоизолирующие кожухи на привод, либо только на источник шума и вести средства индивидуальной защиты персонала. В качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему. Вкладыши и беруши позволяют снизить уровень шума на 10-15 дБ, а противошумные наушники на 7-38 дБ.

## **5.2 Анализ опасных факторов производственной среды:**

### **Механические опасности**

Механические опасности могут произойти из-за выхода из строя самого барабана, подшипники качения, которые используются в планетарном редукторе, могут выйти из строя, может произойти разрыв троса. В течении долгой эксплуатации и подъема больших нагрузок, перетирании троса, может возникнуть его повреждение, в следствии это может привести к его обрыву.

При обнаружении поломки, необходимо:

- доложить об этом вышестоящему или ответственному лицу;
- фиксировать в документации о поломке, указать дату;
- остановить эксплуатацию оборудования;
- при возможности устранить поломку своими силами, силами бригады.

Для предотвращения таких проблем, следует проверять работоспособность барабана, подшипников, осматривать трос на наличие разрушений, растянутостей, все проблемы фиксировать в ряд вахтовый журнал, если была обнаружена поломка, то следует ее немедленно устранить. Эксплуатировать установку при поломке какого-либо механизма запрещается.

## **Пожароопасность**

При возгорании технического оборудования на мобильной установке, или всего мобильного бурового комплекса, из-за неправильной его эксплуатации, к примеру, попадания масла на раскаленную поверхность следует принимать меры по устранению возгорания:

- срочно оповестить по документам ответственных лиц по пожаротушению, отсечь участки возгорания;
- остановить работу установки, все работающие насосы;
- до прибытия аварийных служб, своими силами ликвидировать возгорание.

Основные правила по пожаровзрывобезопасности:

- оборудование должно эксплуатироваться в чистоте, продукты горения не должны находиться рядом с работающим оборудованием;
- при работе оборудования следуют выполнять требования пожарной безопасности;
- площадка, предназначенная для монтажа установки, должна быть свободна от наземных и подземных трубопроводов, кабелей, очищена от леса, кустарника, травы и спланирована в радиусе не менее 50 м;
- территории прискваженных площадок содержать в чистоте, разлитые масла и нефтепродукты нужно убирать;
- каждая бригада должна иметь комплект первичных средств пожаротушения, ящики с песком, лопаты, огнетушители и т.д.;



- курить только в специально отведенных местах, сварочные и другие огневые работы производятся под руководством ответственного работника по наряду допуску, а так же по письменному разрешению технического руководителя предприятия и с пожарной охраны;
- электрооборудование, насосы и гидромоторы должны быть во взрывозащищенном исполнении;
- передвижные агрегаты с двигателем внутреннего сгорания должны иметь искрогасители;
- при работе в загазованной среде необходимо пользоваться обменённым инструментом.

На установке предусмотрены следующие виды пожаротушения:

- водяное орошение аппаратов колонного типа;
- наружное пожаротушение от пожарных гидрантов;
- внутреннее пожаротушение от пожарных кранов;
- автоматическое пенное пожаротушение;
- автоматическое газовое пожаротушение.

### 5.3 Охрана окружающей среды

#### Выбросы в окружающую среду отработанных газов

Аксиально-поршневой насос приводится в движение с помощью двигателя внутреннего сгорания (ДВС). В составе отработанных газов ДВС содержится несколько десятков компонентов, основные из которых представлены в таблице ... . Если сера содержится в дизельном топливе, то в отработавших газах образуется диоксид серы.

Таблица 24 - Состав отработавших газов ДВС

Компонент	Объемная доля компонента, %	
	Карбюраторные ДВС	Дизельные
Азот	74...77	74...77
Кислород	0,3...8	0,3...8
Пары воды	3,0...5,5	3,0...5,5

Диоксид углерода	5,0...12,0	5,0...12,0
Водород	0...5,0	0...5,0
Оксид углерода	0,5...12,0	0,5...12,0
Оксиды азота	До 0,8	До 0,8
Углеводороды	0,2...3,0	0,2...3,0
Альдегиды	До 0,2 мг/л	До 0,2 мг/л
Сажа	0...0,04 г/м <sup>3</sup>	0...0,04 г/м <sup>3</sup>
Бенз(а)пирен	10...20 мкг/м <sup>3</sup>	10...20 мкг/м <sup>3</sup>

По приведенной таблице можно увидеть, что наибольшей токсичностью обладает выхлоп карбюраторных ДВС за счет большого выброса оксида углерода, оксидов азота, углеводородов. Дизельные ДВС выбрасывают в больших количествах сажу, которая в чистом виде нетоксична. Однако частицы сажи, несут на своей поверхности частицы токсичных веществ, в том числе и канцерогенных. Сажа может длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая время воздействия токсичных веществ на человека.

Состав отработавших газов ДВС зависит от режима работы двигателя. Например, у двигателя, работающего на бензине, при разгоне или торможении нарушаются процессы смесеобразования, что приводит к повышенному выделению токсичных веществ. А в дизельных двигателях, при максимальной нагрузке идет высокий рост выбросов оксида углерода, оксидов азота и углеводородов.

Применение этилированного бензина, который имеет в своем составе соединение свинца, вызывает загрязнение окружающего воздуха. Около 70% свинца, который был добавлен к бензину с этиловой жидкостью, попадает в виде соединений в атмосферу, при этом 30% осаживается на землю, а 40% остается в атмосфере. Грузовой автомобиль средней грузоподъемности выделяет 2,5-3 кг свинца в год.

Таблица 25 - Концентрация свинца в воздухе

Концентрация свинца в бензине, г/л	0,15	0,20	0,25
------------------------------------	------	------	------

Концентрация свинца в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	0,40	0,50	0,55
--	------	------	------

Для исключения поступления высокотоксичных соединений свинца в атмосферу можно заменить этилированный бензин неэтилированным.

#### **5.4 Анализ воздействия объекта на гидросферу**

Гидромотор преобразует энергию жидкости в механическую энергию и передает ее на входной вал планетарного редуктора, посредством чего планетарный редуктор передает энергию на лебедку с выходного вала.

Что бы планетарный редуктор не выходил из строя, он требует своевременной замены масла. Отработанное масло сливают с редуктора и отправляют в специальные места утилизации. Запрещено сливать отходы, в том числе и масло в реки и озера, тем самым загрязняя гидросферу.

#### **5.5 Анализ воздействия объекта на литосферу**

Оборудование, которое отработала свой эксплуатационный срок, либо которое перенесла серьезную поломку и не подлежит к ремонту, запрещено выкидывать не в специализированные места для переработки отходов, в том числе оборудования. Что бы исключить это, надо отправлять на заводы, которые занимаются обработкой и переплавкой.

#### **5.6 Защита в чрезвычайных ситуациях**

При работе гидравлической лебедки идет наматывание троса на барабан, барабан и талевая система связаны между собой, и зависят друг от друга. Одной из чрезвычайных ситуация может быть обрыв троса, следствии это может привести к пагубным последствиям. При обрыве, то что было на крюке, с большим усилием упадет на землю, при нахождении рядом обслуживаемый персонал может получить серьезные травмы, так же может произойти несчастный случай.

Обрыв троса может произойти из-за ряда факторов:

- долгая эксплуатация троса без своевременных проверок;

- усталостные напряжения, что со временем приводит к разрыву;
- придание тросу больших нерасчитанных нагрузок;
- механический износ, из-за многократной навивки троса на барабан лебедки.

Для предотвращения разрыва каната следует время от времени следить за его состоянием, проводить проверки всей системы и не нагружать канат выше указанных характеристик. При обнаружении неисправности, необходимости немедленно устранить дефект, для этого необходимо остановить талевую систему, чтобы приступить к замене троса.

## **5.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Лебедка с гидравлическим приводом является ответственным объектом для обслуживаемого персонала, а также объектом, на котором установлено дорогостоящее оборудование, эксплуатировать которое должны специалисты, которые прошли обучение и имеют допуск к работе оборудования, транспорта, а также знают, как действовать в случаях аварий, в нестандартных ситуациях.

Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 10-611-03 "Правила безопасности в подъемных установках", который разработан в соответствии с "Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России" и учитывают требования Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

Лица женского пола могут привлекаться к проведению работ, предусмотренных технологическими регламентами и инструкциями и допускаемых законодательством о труде женщин.

К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.

Первичное обучение рабочих безопасным методам и приемам труда; руководителей и специалистов, лиц, ответственных за безопасную эксплуатацию и ведение технического надзора, а также лиц, допускаемых к выполнению работ, должно проводиться в учебных центрах, имеющих соответствующую лицензию.

Основным органом государственного надзора и контроля за состоянием охраны труда является Федеральная служба по труду и занятости. В ее структуру входят Управление надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде, территориальные органы по государственному надзору и контролю за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, государственные инспекции труда субъектов Российской Федерации.

Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:

1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ);

2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);

3) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).

## **Заключение**

Результатом проведения данной работы является изучение основных теоретических положений о буровых установках, видов буровых установок, рассмотрена мобильная буровая установка МБР 125, на которой используется лебедка с гидравлическим приводом и планетарным редуктором. Так же были рассмотрены червячный и планетарный редуктор, их достоинства и недостатки, определены преимущества над червячной передачей в использовании с гидравлической лебедкой.

Так же проведен расчет планетарного редуктора с последующим его моделированием, созданием 3D модели привода лебедки.

Проведен экономический расчет бюджета исследования, а также в разделе социальная ответственность выявлены некоторые положения безопасности при работе с гидравлической лебедкой.

### **Список использованных источников:**

1. Гришанов А. Г., Панюхин В. И. Патент № 178080, Планетарная лебедка, 1966.
2. Тепляков В. П. Патент № 796584. Редуктор с твердой смазкой, 1981.
3. Курдюков А. С., Плеханов И. Д., Костин А. Ф., Дайбов С. В., Галицков Г. А., Осипов А. А., Каргин П. В., Расторгуева Н. А. Патент № 1823859. Планетарный редуктор привода лебедки, 1983.
4. Башта. Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. Москва, 2010. – 424с.
5. Ильский А. Л., Лесецкий В. А. Буровые машины и механизмы. Москва, 1980 – 391с.
6. Демокритов В. Н., Недоводеев В. Я., Дьяков И. Ф., Олешкевич А. В. Основы проектирования машин. Ульяновск, 2012. – 127с.
7. Крец. В. Г., Саруев Л. А., Лукьянов В. Г., Шадрина А. В., Шмурыгин В. А., Саруев А. Л. Буровое оборудование: учебное пособие / - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011 – 121с.
8. Самохвалов М. А. Монтаж и эксплуатация бурового оборудования: Учебное пособие / - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010 – 312с.
9. Свешников В. К., Усов А. А. Станочные гидроприводы. Москва, 1988. – 512с.
10. Галдин Н. С. Основы гидравлики и гидропривода: учебное пособие / - Омск: Изд-во Сибирской государственной автомобильной-дорожной академии, 2006. – 145с.
11. Прокофьев В. Н. Аксиально-поршневой регулируемый гидропривод. М: «Машиностроение», 1969. – 496с.
12. Кириллов Ф. Ф., Щипунов А. Н., Гончаров Н. В. Расчет и выбор параметров лебедки: учебное пособие / - Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2008. – 15с.

13. Горбенко В. Т., Горбенко М. В. Теория механизмов и машин: учебное пособие / - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2006. – 143с.
14. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин. Москва, 2000. - 446с.
15. Чернавский С. А., Боков К. Н., Чернии И. М., Ицкович Г. М., Козинцов В. П. Курсовое проектирование деталей машин. Москва, 1988. - 359с.
16. Жуков К. П., Гуревич Ю. Е. Атлас конструкций механизмов, узлов и деталей машин. Москва, 2000. – 144с.
17. Видяев И. Г., Серикова Г. Н., Гаврикова Н. А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: Учебное пособие / - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36с.